



**Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP**  
**Escola de Minas**  
**Departamento de Engenharia de Produção**  
**Campus Morro do Cruzeiro**  
**Ouro Preto – Minas Gerais - Brasil**



## **MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**“Melhoria do processo de produção de porcas com roscas trapezoidais em Torno CNC em indústria metalúrgica na cidade de Nova Lima, Minas Gerais”**

**Luiza Maria Benevenuto de Paula**

**Ouro Preto**  
**Novembro de 2022.**

LUIZA MARIA BENEVENUTO DE PAULA

**Melhoria do processo de produção de porcas com roscas trapezoidais em Torno  
CNC em indústria metalúrgica na cidade de Nova Lima, Minas Gerais**

Monografia de conclusão de curso apresentada ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Magno Silvério Campos - UFOP

Ouro Preto  
2022



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Luíza Maria Benevenuto de Paula**

**"Melhoria do processo de produção de porcas com roscas trapezoidais em Torno CNC em indústria metalúrgica na cidade de Nova Lima, Minas Gerais"**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Produção

Aprovada em 07 de novembro de 2022.

### Membros da banca

Professor Doutor - Magno Silvério Campos - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto  
Engenheira Mestranda - Bruna Luíza Santos - Universidade Federal de Ouro Preto  
Professora Mestra - Samantha Rodrigues de Araújo - Universidade Federal de Ouro Preto

Magno Silvério Campos, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 21/11/2022.



Documento assinado eletronicamente por **Magno Silverio Campos, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/11/2022, às 10:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0422953** e o código CRC **E9DB9B82**.

## DEDICATÓRIA

À minha mãe Kátia Benevenuto, ao meu pai Luis Francisco e ao meu irmão  
Luis Henrique.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os professores e tutores do curso de Engenharia de Produção, em especial aos professores do DEPRO - Departamento de Engenharia de Produção.

Ao meu orientador, professor Mágnio Silvério Campos, pelos ensinamentos, apoio e paciência em todas as etapas do curso.

A meu professor Romério Romulo, pelos ensinamentos e pela amizade.

À Escola de Minas e à UFOP por garantir um ensino gratuito e de qualidade e pela experiência de vida que me foi oportunizada.

À empresa Ergmax pelo incentivo e apoio durante a realização dos trabalhos.

Aos amigos que fiz durante a graduação, em especial as amigas da Frikote e a Janaina por ser minha companheira de disciplinas do curso de engenharia.

À minha mãe, Kátia Benevenuto, ao meu pai Luis Francisco, ao meu irmão Luis Henrique e ao querido Almir Megali por sempre acreditarem em mim e por me incentivarem na busca pela realização dos meus sonhos.

A Deus, a Ele toda a honra.

*Se queres avançar para o infinito, explora o infinito, em todas as suas dimensões.*

Goethe.

## RESUMO

Neste trabalho, procurou-se intervir no ambiente de produção de uma empresa de pequeno porte, do ramo metal-mecânico, na cidade de Nova Lima, Minas Gerais, com o objetivo de melhorar a produtividade e qualidade de sua produção. A intervenção foi realizada na empresa Ergmax Technologies, fabricante de porcas com roscas trapezoidais que compõem um conjunto de componentes para fabricação de tirantes para ancoragem de maciços rochosos em mineração, usinadas em torno de Comando Numérico Computadorizado - CNC. O trabalho foi realizado a pedido da diretoria da empresa, após serem identificados prejuízos por perda de material e atraso no processo de produção. Foi elaborado um projeto de melhoria da produção, considerando que o Torno CNC possui características semelhantes às de um torno convencional, pois, embora opere automaticamente, ainda é necessária a ação humana para iniciar sua operação. Para alcançar o objetivo proposto, foram feitos estudo de tempos e movimentos, análise, revisão e cálculo de eficácia do arranjo físico e padronização do processo. Para a intervenção, buscou-se referencial teórico nas obras de Nigel Slack, Idalberto Chiavenato, Vicente Falconi Campos, Ralph Mosser Barnes, Jurandir Peinado e Ralph Mosser Barnes e Diego Milnitz, entre outros autores. Utilizando ferramentas como estudo de tempos e movimentos e análise de layout foi possível obter um resultado de aumento na produtividade e aumento de 21% na eficácia do arranjo físico.

**Palavras-chave:** Layout, otimização, estudo de tempos e movimentos.

## **ABSTRACT**

The aim of this work, was to intervene in the productive ambient of a small company, in the metal-mechanic sector, in the city of Nova Lima, Minas Gerais, with the objective of improving the productivity and quality of its production. The intervention was carried out at the Ergmax Technologies Company, a manufacturer of nuts with helical threads that make up a set of components for the manufacture of rods for anchoring rock massifs in mining, machined around Computer Numerical Control - CNC. The work was carried out at the request of the company's management, after losses of material were identified as well as delay in the production process. A production improvement project was developed, considering that the CNC lathe has characteristics similar to those of a conventional lathe, because, although it operates automatically, human action is still required to start its operation. To achieve the proposed objective, time and motion studies, analysis, review and calculation of the effectiveness of the physical arrangement and standardization of the process were carried out. For the intervention, a theoretical reference was sought in the works of Nigel Slack, Idalberto Chiavenato, Vicente Falconi Campos, Ralph Mosser Barnes, Jurandir Peinado and Ralph MosserBarnes and Diego Milnitz, among other authors. Using tools such as time and motion study and layout analysis it was possible to obtain a result of increased productivity and a 21% increase in the effectiveness of the physical arrangement.

Keywords: Layout, optimization, time and motion study

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Porca com corte lateral com rosca trapezoidal.....	29
Figura 2 – Porcas, chapas e barras usinadas para fabricação de tirantes. ....	31
Figura 3 -Diagrama de Ishikawa – Representação das Causas de Baixa produtividade no Processo de fabricação de roscas trapezoidais.....	32
Figura 4 - Mapofluxograma do Processo de Usinagem – Situação inicial.....	35
Figura 5 - Diagrama de fluxo de processo para usinagem de porca trapezoidal na Ergmax – Situação Inicial.....	37
Figura 6 - Representação gráfica do arranjo físico inicial.....	41
Figura 7 - Mapofluxograma do processo de usinagem – situação proposta.....	43
Figura 8 - Diagrama de fluxo de processo para usinagem de porca trapezoidal na Ergmax Technologies - situação proposta.....	44
Figura 9 - Representação gráfica do arranjo físico proposto.....	46

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Estudo do tempo de usinagem da porca trapezoidal – Situação Inicial .....	39
Tabela 2 - Estudo do tempo de usinagem da porca trapezoidal – situação proposta .....	45

## **LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CNC = controle numérico computadorizado

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
2.1. Objetivo Geral	14
2.2. Objetivos Específicos	14
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>15</b>
3.1. Características gerais do processo de usinagem de materiais	15
3.2. Produto fabricado e tipo de processo de manufatura	16
3.2.1. <i>Processo de produção em lotes ou bateladas</i>	18
3.3. O processo geral de solução de problemas	18
3.3.1. <i>Definição do problema</i>	18
3.3.1.1. <i>Identificação das principais causas de baixa produtividade</i>	19
3.3.2. <i>O estudo de tempos e movimentos para solução de problemas no processo de fabricação</i>	20
3.3.2.1. <i>O Estudo de tempos e movimentos para desenvolver o Método Preferido</i>	22
3.3.2.2. <i>Ferramentas gráficas para melhoria dos métodos</i>	24
3.4. Análise do arranjo físico	25
3.4.1. <i>Determinação da eficácia do arranjo físico</i>	26
<b>4 - ESTUDO DE CASO E RESULTADOS</b>	<b>29</b>
4.1. Metodologia	30
4.2. Desenvolvimento do estudo de caso e implementação das propostas	31
4.2.1. <i>Identificação de causas e problemas no processo de produção</i>	31
4.2.2. <i>Descrição do processo</i>	32
4.2.2.1. <i>Produção por lotes em Torno CNC</i>	32
4.2.3. <i>Análise do arranjo físico</i>	33
4.2.4. <i>Estudo de tempos</i>	33
4.2.5. <i>Metodologia</i>	34
4.2.6. <i>Mapofluxograma inicial do processo de produção de porcas</i>	34
4.2.7. <i>Análise do fluxo de produção</i>	35
4.2.7.1. <i>Diagrama de fluxo – situação inicial</i>	36
4.2.8. <i>Medida de trabalho e de desempenho</i>	37
4.2.8.1. <i>Medida de trabalho e de desempenho do processo de produção antes da alteração do arranjo físico</i>	38
4.2.9. <i>Cálculo da eficácia e representação gráfica do arranjo físico inicial</i>	40
4.2.10. <i>Proposta de reorganização do arranjo físico por processo</i>	41
4.2.11. <i>Resultados esperados com a mudança proposta</i>	42
4.2.12. <i>Mapofluxograma do processo de produção de porcas - situação proposta</i>	43
4.2.13. <i>Diagrama de fluxo – situação proposta</i>	43
4.2.14. <i>Medida de trabalho e de desempenho do processo de produção após a alteração de layout</i>	44
4.2.15. <i>Cálculo da eficácia e representação gráfica do arranjo físico proposto</i>	46
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>50</b>

# 1. INTRODUÇÃO

Existem situações, não poucas, em que a confiabilidade é essencial. Slack (2009, p. 477), exemplifica algumas dessas situações, como aviões em voo, fornecimento de eletricidade a hospitais, cintos de segurança de carros, serviços de polícia e outros de emergência. São situações em que uma pequena falha pode gerar consequências irreversíveis, podendo comprometer a própria sobrevivência do negócio, caso haja a perda de um grande cliente.

Em um mercado cada vez mais competitivo, é necessário que as empresas busquem aumentar sua produtividade e a qualidade de seus produtos ou serviços. Para serem bem sucedidas, é necessário que as empresas conheçam bem, não apenas o mercado em que atuam, mas também seus processos e possibilidades de melhoria, entendendo suas forças e fraquezas, e identificando oportunidades de crescimento e ameaças ambientais.

Com o avanço constante da tecnologia, as empresas manufatureiras necessitam buscar, incessantemente, melhoria contínua, redução de seus custos, redução de lead-time, elevação da qualidade e novas possibilidades, utilizando-se de novas tecnologias a serem aplicadas de maneira correta em suas máquinas e seus centros de fabricação, de forma que, não apenas ganhem ou deixem de perder espaço no mercado, mas, também, a própria sobrevivência.

O presente estudo de caso foi realizado em uma empresa manufatureira de pequeno porte, do ramo de usinagem e caldeiraria, na cidade de Nova Lima, Minas Gerais. A empresa está no mercado há mais de 15 anos, desenvolvendo tecnologia e soluções em engenharia. Atualmente, a empresa possui seis colaboradores trabalhando no setor de usinagem, sendo que quatro são responsáveis pelas atividades de operação, realizando todas as etapas do processo produtivo, tanto na área de caldeiraria quanto na de usinagem.

O estudo tem a finalidade de melhorar o seu processo de fabricação de porcas com roscas trapezoidais em Torno CNC, produzidas sob encomenda pela empresa em estudo para fornecimento a um cliente de grande porte, fabricante de tirantes para ancoragem de maciços rochosos em mineração

As referidas porcas trapezoidais compõem um kit de parafusos e porcas de grande tamanho, cuja especificação técnica obriga a um nível de precisão máximo, considerando os requisitos de segurança imprescindíveis para a fixação dos tirantes dos quais são componentes, os quais escoram toneladas de rochas na mineração.

A empresa em estudo utiliza, em seu processo de fabricação, um Torno de Comando Numérico Computadorizado - CNC, equipamento no qual a usinagem é feita de forma automatizada, com mais eficiência e rapidez do que a de um torno manual.<sup>1</sup>

No entanto, apesar do alto investimento na aquisição da nova máquina e na capacitação da equipe de operação<sup>2</sup>, o setor de usinagem da empresa não conseguia alcançar sua meta diária de produção, atrasando, conseqüentemente, a entrega dos produtos ao cliente, demandando uma análise do processo e do ambiente produtivo, para identificar e implementar uma solução que garantisse o alcance das metas quantitativas e de qualidade.

O estudo levou em consideração os gargalos de produção de porcas trapezoidais, que eram produzidas no torno CNC, cuja produção encontrava-se sempre atrasada, com o principal objetivo de identificar os gargalos de produção e tratá-los, a fim de normalizar a produção e aumentar a capacidade produtiva de porcas.

---

<sup>1</sup> O equipamento foi adquirido em substituição ao torno manual anteriormente utilizado, com o objetivo de aumentar a produtividade, reduzindo o tempo de processamento e a perda por geração de sucata.

<sup>2</sup> A equipe de operação realizou treinamento em São Paulo, na sede do fabricante da máquina, sobre o funcionamento do torno e para programação das operações.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Analisar todo o processo de produção de porca com roscas trapezoidais do setor de usinagem de uma indústria metalúrgica para melhorar a eficiência e a produtividade do setor, com a finalidade de reduzir os atrasos de produção de porcas.

### **2.2. Objetivos Específicos**

Analisar a produção de porcar como um todo, levando em consideração desde o tipo de processo de produção, tipo de arranjo físico e a partir destas análises analisar o arranjo físico do setor de usinagem, elaborando mapofluxogramas, calculando a eficácia do arranjo físico, realizando estudos de movimentos para indentificar alternativas de melhorias e implementa-las e analisar as consequências das melhorias propostas.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Segundo Kalpakjian (1995) Silva et al. (2009), a manufatura responde, nos países industrializados, por 20 a 30% do Produto Interno Bruto, podendo ser entendida, em sentido mais amplo, como o processo de transformação da matéria prima em produtos acabados, seguindo planos bem organizados em todos os aspectos, produzindo, desde um simples parafuso até uma aeronave comercial de grande porte (aproximadamente seis milhões de peças), passando pelo automóvel (cerca de quinze mil peças).

Apesar da grande demanda, visto que peças usinadas são componentes de inúmeros produtos necessários à humanidade, as empresas de usinagem e caldeiraria, como as demais, enfrentam desafios e problemas que, se não sanados podem levar à perda de clientes e a prejuízos que, dependendo do porte e situação da empresa, são irrecuperáveis, podendo comprometer a própria sobrevivência do negócio.

#### **3.1. Características gerais do processo de usinagem de materiais**

Conforme ensinado por Silva et al (2009), até meados do século XVIII, o principal material utilizado para peças, em engenharia, era a madeira, salvo raras exceções, usinada com ferramentas de aço-carbono. Com a Revolução Industrial e o surgimento de novos materiais, mais resistentes, novas ferramentas de corte, fabricadas em aços ligados.

Entre o final do século XVIII e o início do século XIX, a indústria metal-mecânica foi impulsionada pela utilização da água e do vapor como fontes de energia, permitindo o surgimento de máquinas-ferramentas aplicadas à fabricação de outros tipos de máquinas ferramentas, substituindo, assim, a utilização do trabalho humano em diversas atividades. SILVA et all, (2009, pag. 01).

A primeira mandrilhadora foi criada em 1974, apresentada por John Wilkinson (McGeough; 1988, in Silva et al), ao construir uma máquina para mandrilar cilindros de máquinas a vapor fabricada e, em 1797, Henry Maudslay desenvolveu o primeiro torno com avanço automático, permitindo a produção de roscas com passo definido, que foi seguido pela plainadora e pela retificadora. SILVA et al, (2009).

Atualmente, devido ao desenvolvimento de máquinas comandadas numericamente (CN), o advento das ferramentas de aço rápido, e mais tarde de carboneto de tungstênio, a usinagem de aços e de outros materiais metálicos pode ser feita com produtividade crescente por empresas de usinagem de pequeno e de grande porte.

A usinagem é, na atualidade, reconhecidamente o processo de fabricação mais popular do mundo, transformando em cavacos algo em torno de 10% de toda a produção de metais e empregando dezenas de milhões de pessoas. TRENT, 1985 SILVA (2009).

### **3.2. Produto fabricado e tipo de processo de manufatura**

Conforme Trent (1985), apesar ser muito popular em todo o mundo, o processo de usinagem é, ao mesmo tempo, complexo e simples, devida à imprevisibilidade que lhe é inerente. A sistemática que o envolve é definida de forma paradoxal e com exatidão, por Trent (1985) apud Silva (2009): *Processo complexo e simples ao mesmo tempo, no qual se produzem peças, removendo-se o excesso de material na forma de cavacos.*

É um processo complexo devido às dificuldades em determinar as imprevisíveis condições ideais de corte. É simples por que, uma vez determinadas estas condições, o cavaco se forma corretamente, dispensando qualquer intervenção do operador. São capazes de produzir peças dentro das especificações de forma, tamanho e acabamento ao menor custo possível.

A usinagem é um processo essencialmente prático – o que é uma das razões de sua alta popularidade – porém envolve muitas variáveis.

Confirmando a imprevisibilidade inerente aos processos de usinagem, Shaw (1984), ensina que:

*É praticamente impossível prever o desempenho do corte nos metais. Entretanto, isso não significa que estudos detalhados dos*

*processos de usinagem não têm valor. Cada ponto fundamental, que é detalhadamente estudado e interpretado de maneira adequada contribui para o entendimento do processo, o procedimento mais próximo da capacidade de prever seu comportamento. (SHAW, 1984 SILVA, vários autores, 2009, p.10)*

A um primeiro olhar, no estudo de caso realizado, é possível que se pareça rudimentar que operadores de usinagem estejam separando peças conforme seu tamanho para usinar em torno CNC. Entretanto, a separação por tamanho é rotina neste tipo de produção em empresas de pequeno porte. Este procedimento é necessário pois, especificamente no processo de usinagem, as restrições são oferecidas pela ferramenta de corte e corresponde às situações em que o homem é quem deve adaptar-se às condições da máquina, sob pena de perdê-la por desgaste ou quebra de ferramenta de corte.

Segundo Nigel Slack (2006), cada tipo de processo em manufatura implica uma forma diferente de organizar as atividades das operações com diferentes características de volume e variedade.

Sendo assim, para elaboração do estudo de caso foi necessário entender qual o tipo de processo produtivo da produção das porcas, de acordo com a operação em torno CNC.

Considerando as características do equipamento em que serão usinadas as peças – Torno CNC – os tamanhos das peças devem estar adequados às especificadas durante a programação do mesmo, visto que a sequência de programação não pode ser alterada durante o processamento da máquina. Assim, o processo de usinagem deve levar em consideração as características de volume e variedade de geometria, dimensões e materiais.

Ainda conforme Slack (1997) existem processos de projetos (produtos muito customizados), processos de Jobbing (produtos customizados, alta variedade e baixo volume), processos em lotes e bateladas (produzido um tipo de produto por vez, com variedade reduzida e volume maior), processos de produção em massa (alto volume e variedade estreita) e processos contínuos (alto volume e variedade baixa).

### 3.2.1. Processo de produção em lotes ou bateladas

Chiavenato (2008), apresenta as principais características de produção em lotes, que são as seguintes: *A empresa é capaz de produzir bens/serviços genéricos de diferentes características; as máquinas são agrupadas em baterias do mesmo tipo e em cada lote de produção, as ferramentas devem ser modificadas e arranjadas para atender aos diferentes produtos/serviços.*

No processo de produção de roscas no Torno Numérico Computadorizado, os blocos de pré-moldados possuíam tamanhos diferentes. Antes de iniciada a usinagem, as peças devem ser separadas por tamanho, para compor lotes com o diâmetro nas dimensões desejadas.

O Torno CNC é programado de acordo com as dimensões dos componentes dos lotes. Caso sejam usinadas peças com dimensões superiores às definidas durante a programação da máquina, ocorre desgaste e quebra das pastilhas no equipamento, sendo, portanto, adotado o processo de produção por lotes ou bateladas.

### 3.3. O processo geral de solução de problemas

#### 3.3.1. Definição do problema

Uma vez reconhecido que o problema existe, o mesmo deve ser bem definido e formulado para que se encontre e implemente a melhor solução possível. A necessidade de se explicitar o problema, com a maior clareza possível encontra respaldo nos ensinamentos de Barnes (1986, p. 28), como segue:

*Algumas vezes, alegações como estas são feitas: "Os custos estão muito altos", "a produção deve ser aumentada" ou "existe um obstáculo no serviço administrativo do armazém".*

*Em muitos casos, não é fácil determinar qual é o problema real. Todavia o problema deve ser equacionado claramente.*

*Ao mesmo tempo, deve-se julgar se o problema merece consideração e se este é o momento oportuno para sua solução. Se for decidido continuar com a formulação do problema, informações*

*deverão ser obtidas com respeito à amplitude ou importância do problema e ao tempo disponível para sua solução.*

BARNES (1986, p. 28)

Desta forma, é necessário que expressões genéricas do problema sejam especificadas para que se tenha a maior clareza possível, possibilitando o norteamento dos procedimentos a serem adotados para solucioná-lo.

### **3.3.1.1. Identificação das principais causas de baixa produtividade**

Conforme Falconi (1989), uma empresa é um processo e dentro dela existem vários outros processos que podem ser divididos em famílias de causas (matérias-primas, máquinas, medidas, meio-ambiente, mão de obra e método). Assim, sempre que algo ocorre (efeito, fim, resultado), existe um conjunto de causas (meios) que podem ter influenciado. O diagrama de causa-e-efeito, além de auxiliar na separação das causas de seus efeitos, além de possibilitar que todas as pessoas da empresa possam exercer a separação dos fins de seus meios.

#### **a) Brainstorming**

Um das ferramentas da Qualidade aplicáveis ao processo de identificação das causas de um problema é o Brainstorming, tempestade de ideias.

O conceito de brainstorming ou tempestade de ideias foi criado por Osborn, nos anos 30, para aplicação na área da publicidade. Atualmente o brainstorming é utilizado em diversas áreas, inclusive na gestão da produção, proporcionando uma rica contribuição para a identificação de problemas e identificação de suas soluções, entre outros benefícios.

Bralla (1996) apud Andrade et. al. (2018.), faz as seguintes considerações sobre brainstorming:

*É usado como uma técnica para dar valor e criatividade. Juntar pessoas relacionadas a um assunto ou problema para que haja interação de ideias entre todos os envolvidos. As pessoas são convidadas a apresentarem sugestões a serem analisadas. Ainda segundo o autor algumas ideias podem parecer estranhas, mas podem ser altamente aplicáveis. O objetivo é criar um ambiente livre*

*de ideias, superar padrões de pensamento e modelos que inibem o surgimento de inovações.*

BRALLA (1996) apud ANDRADE et. al. (2018.)

Desta forma, a realização do brainstorming possibilita a valorização do trabalho e da equipe, possibilitando o desenvolvimento da criatividade, apresenta grandes chances de surgimento de ideias altamente aplicáveis, é uma ferramenta bastante útil para identificação de problemas e de soluções.

#### **b) Diagrama de Ishikawa**

Camarotto apud Milnitz (2018), apresenta as seguintes considerações sobre as falhas na produção:

*As falhas podem ocorrer por razões muito diferentes. As máquinas podem quebrar, os clientes podem fazer pedidos inesperados que a produção não consegue atender, o pessoal pode cometer erros simples em seus trabalhos, que impedem o trabalho normal, os materiais dos fornecedores podem estar defeituosos e assim por diante. CAMAROTTO apud. MILNITZ (2018)*

### **3.3.2. O estudo de tempos e movimentos para solução de problemas no processo de fabricação**

Um cenário confortável para qualquer empresa empenhada na competitividade seria poder preocupar-se apenas em captar novos clientes ou desenvolver novos produtos, sem sequer avistar no horizonte alguma falha ou obsolescência que pudessem colocar em risco sua produtividade ou, em situação mais grave, sua própria confiabilidade e sobrevivência.

Slack (2006), ensinando sobre prevenção e recuperação de falhas, faz as seguintes considerações:

*Embora nenhuma produção devesse ser indiferente a falhas, em alguma produção é vital que os produtos e serviços não falhem - aviões em voo ou fornecimentos de eletricidade a hospitais, por exemplo. Outros produtos e serviços sempre devem estar funcionando quando necessários, como cintos de segurança de carros, o serviço*

*da polícia e outros serviços de emergência. Nestas situações, a confiabilidade não é somente desejável, mas também essencial. Em situações menos críticas, ter produtos e serviços confiáveis é uma forma de as organizações ganharem uma vantagem competitiva.*  
SLACK (2009, p. 447)

Embora algumas falhas possam ser catastróficas, como no caso de aviões em voo – temidas, e, por esta razão, prevenidas continuamente, existem outras falhas - rotineiras no processo produtivo - que passam despercebidas ou são toleradas, podendo causar perda de produtividade e prejuízos.

De acordo com Milnitz (2018, p.6), produtividade é o resultado daquilo que se produz, definido pela relação entre os recursos utilizados e a produção total (final). É a quantidade de produtos ou serviços obtidos com o conjunto de recursos relacionados ao posto de trabalho.

Considerando que o conjunto de recursos relacionados ao posto de trabalho envolve máquinas, equipamentos, material e mão de obra, e que sobre esses recursos incidem custos em função da variável tempo, é necessário buscar a otimização do processo de produção, reduzindo o tempo dispendido no processo de operação, evitando movimentações e atividades desnecessárias.

Conforme Milnitz (2018), a definição do conteúdo de trabalho em função do tempo se fundamenta na concepção de que o trabalho é realizado com a aplicação de um procedimento definido e a um ritmo adequado e constante.

Roldão, Ribeiro, (2004) apud Milnitz (2018), ensina que:

*Cada elemento que constitui a produção de um produto ou serviço apresenta várias possibilidades de estudos relacionados aos métodos de trabalho. Assim, a produtividade adequada será obtida quando o processo se realizar sem desperdícios de movimentos, tempos, esforços e em condições de eficiência elevada e adequada, seguindo um procedimento instituído.* ROLDÃO; RIBEIRO, (2004) apud MILNITZ (2018).

Percebe-se, portanto, a necessidade de mensuração do tempo para mensuração e aumento da produtividade e definições de soluções para adequações e melhorias no processo de produção.

Barnes (1986), apresenta a seguinte contribuição para a definição do estudo de tempos e movimentos, conforme se transcreve:

*O estudo de movimentos, e de tempos é o estudo sistemático dos sistemas de trabalho com os seguintes objetivos:*

*(1) desenvolver o sistema e o método preferido, usualmente aquele de menor custo;*

*(2) padronizar esse sistema e método;*

*(3) determinar o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal, para executar uma tarefa ou operação específica; e*

*(4) orientar o treinamento do trabalhador no método preferido.*

BARNES (1986)

Assim, de acordo com Barnes (1986), a finalidade principal do estudo de tempos e movimentos é a definição de sistemas e métodos de trabalho; o objetivo é determinar o método ideal ou o que mais se aproxima do ideal para ser usado na prática. No passado, dava-se ênfase a melhoria dos métodos existentes, *em* lugar de se definir cuidadosamente o problema ou se formular o objetivo e, então, encontrar a solução preferida

### **3.3.2.1. O Estudo de tempos e movimentos para desenvolver o *Método Preferido***

Conforme ensinado por Chiavenato (2004, p.57), Método é a maneira de se fazer algo para obter-se um determinado resultado e o estudo dos tempos e movimentos permite a racionalização do método de trabalho do operário e a fixação dos tempos-padrão para execução das tarefas, trazendo, vantagens adicionais, também descritas por Chiavenato (2004), transcreve-se a seguir:

*1. Eliminação do desperdício de esforço humano e dos movimentos inúteis.*

*2. Racionalização da seleção e adaptação dos operários à tarefa.*

*3. Facilidade no treinamento dos operários e melhoria da eficiência e rendimento da produção pela especialização das atividades.*

*4. Distribuição uniforme do trabalho para que não haja períodos de falta ou excesso de trabalho.*

5. *Definição de métodos e estabelecimento de normas para a execução do trabalho.*

6. *Estabelecimento de uma base uniforme para salários equitativos e prêmios de produção.* CHIAVENATO (2004)

O projeto de Métodos, ou procedimento problema-solução, como também é conhecido, inicia-se com a definição de um objetivo, que pode ser a redução do tempo de uma atividade, a prevenção de alguma falha ou seja, a solução de algum problema. As etapas do procedimento problema-solução são descritas por Barnes (1986), como se segue:

*Concisamente, o procedimento problema-solução pode ser definido como se segue.*

1 – *Definição do problema: Preparar um relatório geral de metas e objetivos;*

2- *análise do problema: obter fatos. determinar especificações e restrições;*

3- *pesquisa de soluções possíveis: Tentar o método de eliminação, usar listas de verificação, aplicar os princípios de economia de movimentos, usar a imaginação criativa;*

4- *avaliação das alternativas: determinar qual a solução preferível – método que forneça o menor custo e requeira o menor capital, método que permita a entrada mais rápida em produção do produto, método que forneça a melhor qualidade ou menor perda.* BARNES (1986, p. 4).

Portanto, para que se obtenha sucesso na determinação da solução preferível, é necessário que se faça análise detalhada do problema e que todas as possíveis soluções sejam estudadas, de forma que se possa determinar o melhor método objetivado.

Quanto aos elementos necessários à operação de produção, (PEINADO E GRAEML (2007, p.88) nos ensinam que cada operação associada a uma dada tarefa seja objeto de uma detalhada análise, com os objetivos de não eliminar-se aquelas que são necessárias à operação bem como para eliminar as operações desnecessárias, determinando-se, assim, a maneira mais eficiente de executar cada operação.

### 3.3.2.2 Ferramentas gráficas para melhoria dos métodos

Conforme Barnes (1986) existe vários métodos para visualizar-se um processo ou operação como, por exemplo, gráfico do fluxo de processo, gráfico do homem-máquina, gráfico de operações e filmagem das operações. Nem todos os métodos são usados em uma única tarefa. É possível que o gráfico do fluxo do Processo ou o Mapofluxograma seja tudo o que se necessita. Se o objeto de estudo é uma operação específica, pode ser utilizado o Gráfico de Operações. O gráfico de atividades e o Gráfico homem-máquina também são úteis, assim como a análise de Micromovimentos para a tarefa.

#### a) Gráfico do fluxo do processo

O gráfico do fluxo do Processo representa os diversos passos ou eventos que ocorrem durante a execução de uma tarefa específica ou durante uma série de ações.

De acordo com Barnes (1986), o diagrama pode ser modificado a fim de se enquadrar no problema em consideração, podendo mostrar, por exemplo, a sequência de atividades de uma pessoa, ou, então, os passos a que é submetido o material.<sup>3</sup>

Seu diagrama, usualmente, inicia-se com a entrada de matéria-prima na fábrica e a segue em cada um dos seus passos, passando pelas operações de transporte e armazenamento, inspeções, usinagens, montagens, até que a mesma se torne produto acabado ou semi-acabado, conforme explica Barnes (1986).

Como representa graficamente o fluxo de todas as operações, inclusive em mais de um departamento, se for o caso, é um gráfico de grande utilidade para a engenharia de produção, pois seu estudo minucioso pode revelar possibilidades de melhorias e, em algumas situações, subsidiar mudanças mais radicais no processo de produção.

#### b) Mapofluxograma

O Mapofluxograma é uma representação, é um tipo de diagramação que possibilita uma melhor visualização do processo. Consiste em se desenhar as linhas do fluxo do processo sobre a planta baixa da área ou edificação onde o mesmo se desenvolve. As linhas que representam o fluxo são desenhadas nesta planta para mostrarem a direção do

---

<sup>3</sup> Segundo Barnes (1986), a combinação dos diagramas do tipo homem e do tipo Produto é recomendada, pois pode induzir a erros.

movimento e os símbolos do gráfico do Fluxo de Processo são inseridos para indicarem o que está sendo executado. Barnes (1986)

Anotações breves podem ser inseridas no gráfico, para maior clareza.

#### **c) Cronoanálise**

Segundo Peinado & Greml (2007, p.86), o estudo de tempos, também conhecido como Cronoanálise, é uma forma de se mensurar o trabalho por meio de métodos estatísticos. “Permite calcular o tempo padrão que é utilizado para determinar a capacidade produtiva da empresa, elaborar programas de produção e determinar o valor da mão-de-obra direta no cálculo do custo do produto vendido (CPV), dentre outras aplicações”.

#### **d) Outras ferramentas para melhoria dos métodos**

Existe uma gama de ferramentas e metodologias indicadas para solução de problemas em processos de solução e para subsidiar estudos para melhoria dos métodos. Entre essas ferramentas destacam-se o Gráfico de Atividade, o Gráfico Homem-Máquina, o Diagrama de Movimentos Simultâneos- SIMO e o Gráfico de Operações;

### **3.4. Análise do arranjo físico.**

Segundo Slack (2006) o arranjo físico de uma operação produtiva preocupa-se com o posicionamento físico dos recursos de transformação. Colocando de forma simples, definir o arranjo físico é decidir onde colocar todas as instalações, máquinas e equipamentos e pessoal da produção.

A importância do arranjo físico para o melhor resultado da empresa, é descrita com clareza por Slack (2006), abaixo:

*Há algumas razões práticas pelas quais as decisões de arranjo físico são importantes na maioria dos tipos de produção:*

*- Arranjo físico é frequentemente uma atividade difícil e de longa duração devido às dimensões físicas dos recursos de transformação movidos.*

- O re-arranjo físico de uma operação existente pode interromper seu funcionamento suave, levando à insatisfação do cliente ou perdas na produção.

- Se o re-arranjo físico (examinado a posteriori) está errado, pode levar a padrões de fluxo excessivamente longos ou confusos, estoque de materiais, filas de clientes formando-se ao longo da operação, inconveniências para os clientes, tempos de processamento desnecessariamente longos, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis e altos custos. SLACK (2006, p. 161)

De acordo com Barnes (1986), quando se estuda o arranjo físico para a produção de um produto específico, deve-se estudar minuciosamente o processo de fabricação e as máquinas, equipamentos, locais de trabalho, registrando-se sua disposição física, verificando-se se estão dispostos de maneira tal que o produto seja movimentado através da fábrica, com um mínimo de movimentos desnecessários e de retrocessos. .

Considerando-se os elevados prejuízos em caso de inadequação entre o layout e o processo de produção ou inadequação da localização de máquinas, materiais e equipamentos, especialmente de grande porte ou peso, faz-se mister que o percurso que a ser seguido por cada parte ou etapa seja estudado antes de sua instalação na fábrica.

Ainda de acordo com Slack (2006), um bom arranjo físico deve levar em consideração as seguintes características: segurança inerente, extensão do fluxo, clareza de fluxo, conforto da mão de obra, coordenação gerencial, acesso, uso do espaço, flexibilidade de longo prazo, e segurança inerente.

### **3.4.1. Determinação da eficácia do arranjo físico**

Segundo Slack (2006), o tipo de arranjo físico está diretamente ligado ao volume-variedade, uma vez que quando o volume é baixo e a variedade alta o fluxo não é uma questão central e possivelmente este arranjo físico será posicional.

O tipo de processo do estudo de caso realizado em lotes ou *batch*, de manufatura. Conclui-se, portanto, que o tipo de arranjo físico utilizado inicialmente era o arranjo físico por processo.

Slack (2006), afirma que o projeto detalhado de arranjo físico por processo é marcado pela complexidade. O principal fator que leva a essa complexidade é o número muito grande de diferentes alternativas e de postos de trabalho. Deve-se levar em consideração o número de centro de trabalhos, sendo que a relação é fatorial, como mostrado na fórmula abaixo.

$$N! = N \times (N-1) \times (N-2) \times (N-3) \dots$$

Onde N = Centro de trabalho

Na análise do arranjo físico e do sequenciamento de atividades, é necessário que se leve em consideração não apenas o número de carregamentos, mas também os gargalos e os tempos de folga para que se possa definir o melhor caminho e identificar o caminho crítico.

Em operações mais simples, é possível julgar a eficácia do arranjo físico apenas calculando-se distâncias totais percorridas na operação Slack (2006), conforme a fórmula abaixo:

$$\text{Eficácia do Arranjo Físico} = \sum_{i \neq j} F_{ij} D_{ij} \text{ para todo } i \neq j \text{ onde:}$$

$F_{ij}$  = o fluxo em carregamento ou jornadas por período, do centro de trabalho  $i$  para o centro de trabalho  $j$ .

$D_{ij}$  = distância entre o centro de trabalho  $i$  e o centro  $j$

O método geral para desenho do arranjo físico por projeto ensinado por Slack (2006) compreende os seguintes passos:

Passo 1 – Coletar as informações sobre os centros de trabalho e os fluxos entre eles.

Passo 2 – Desenhar um arranjo físico esquemático, mostrando os centros de trabalho e o fluxo entre eles, colocando os pares de centro de trabalho com o fluxo mais intenso próximo entre si

Passo 3 – Ajustar o arranjo físico esquemático de forma a levar em conta as restrições da área dentro da qual o arranjo físico deve caber

Passo 4 – Desenhar o arranjo físico mostrando as áreas reais dos centros de trabalho e as distâncias que os materiais e as pessoas devem percorrer. Calcular a medida da eficácia do arranjo físico, levando em conta ou as distâncias totais percorridas ou os movimentos custeados.

Passo 5 – Conferir se a troca da localização de quaisquer dos centros provoca redução da distancia total percorrida ou do custo total de movimentação. Se sim, faça a troca e retorne ao passo 4. Se não, faça do arranjo físico que está sendo analisado, o arranjo físico final.

## 4 - ESTUDO DE CASO E RESULTADOS

O estudo de caso ocorreu no setor de usinagem em uma empresa metalúrgica de Nova Lima, no setor de usinagem. O estudo avaliou a produção de porcas trapezoidais, figura 1, em um torno CNC Nardini.



Figura 1: Porca com corte lateral com rosca trapezoidal

Para a fabricação das porcas trapezoidais, a empresa utiliza moldes forjados, adquiridos de um terceiro. No momento da chegada, os moldes eram descarregados em latões colocados na entrada do galpão. Cada latão possuía uma quantidade de moldes, que eram transportados ao local de produção através de talha elétrica.

Entretanto, os moldes entregues nem sempre apresentavam o mesmo diâmetro. Assim, antes de ser iniciada a usinagem, era necessário que se fizesse a conferência individual de cada molde, para separar os que estavam em desconformidade com a especificação, iniciando-se, portanto, o atraso na produção antes mesmo que se iniciasse a usinagem.

Após a chegada da matéria prima, fazia-se a preparação do equipamento. Trocavam-se as pastilhas do torno, limpava-se o espaço a ser utilizado e era feita a calibragem do torno.

Antes de iniciar o processo de usinagem, o operador selecionava o tipo de programa que deveria ser usado, em conformidade com o diâmetro dos moldes. As peças cujo diâmetro era padronizado, de produção rotineira da empresa eram fabricadas primeiro. Em seguida, era feita a usinagem das peças que não se encaixavam no padrão.

Após a inicialização do equipamento, o operador da máquina se deslocava para a área onde tinham sido descarregados os moldes e selecionava uma quantidade aproximada de 10 peças para levar até a máquina e iniciar a usinagem.

Entretanto, as peças eram separadas intuitivamente. Após separar por avaliação visual, as colocava em um carrinho e transportava até o torno.

Após finalizar a usinagem deste primeiro lote, o funcionário voltava ao local de estocagem de matérias primas para realizar a seleção das próximas moldes a usinar.

Como a seleção era feita de forma rápida, a fim de ganhar tempo, muitas vezes o colaborador selecionava, sem perceber, peças fora do padrão. Tal erro só era percebido quando a peça já estava sendo usinada, pois o torno começava a apresentar sintomas de desgaste de ferramenta, emitindo ruídos e cavacos de cor escura. Ocasionalmente, ocorria quebra de pastilha da máquina, ou quebra da ferramenta do torno, causando prejuízos maiores, por tempo de máquina parada e custos de manutenção.

Diante desta situação, com atrasos recorrentes na produção de porcas, desgaste por defeitos no equipamento, foi iniciada uma análise para elaboração de projeto a ser implementado para eliminação das falhas e otimização do processo de produção.

Para identificar as causas das perdas e atrasos de produção, foram realizados diálogos com a equipe de produção e coleta de opiniões dos trabalhadores diretamente envolvidos no processo de usinagem, através de brainstorming.

Elaborou-se um diagrama de Ishikawa, para identificar as causas dos problemas.

Elaborou-se fluxograma do processo de produção na situação em que se encontrava, para posterior comparação aos padrões.

#### **4.1. Metodologia**

A pesquisa foi realizada através da análise de layout e do estudo de tempos e movimentos. Realizou-se um estudo sobre a disposição dos estoques e dos equipamentos para melhor adequação de layout e um estudo de tempos e movimentos no processo produtivo de porcas trapezoidais.

O método utilizado no estudo de tempos e movimentos foi a cronoanálise. O colaborador responsável pela produção de porcas foi observado durante as etapas do processo, estabelecendo-se o tempo médio gasto para executar a operação. O processo de observação e medição levaram em consideração 10 ciclos que foram medidos durante 11 dias.

Nos primeiros 5 dias foram realizadas as medições dos movimentos do processo de produção inicial, cronometrando as atividades por 10 ciclos e calculando a média dos dias para determinação de um valor final.

Para a alteração do layout e implantação do arranjo físico e procedimentos operacionais proposto, bem como treinamento dos operários, foi necessário 1 dia.

Nos últimos 5 dias foram realizadas novas medições, utilizando a nova sistemática de produção proposta, com o novo arranjo físico e novo mapofluxograma. Assim como na primeira medição, foram observados 10 ciclos e calculada uma média das medições eliminando os tempos considerados outliers .

Para a análise de layout foram realizadas medições do espaço de operação, utilizando uma trena a laser, como os postos de trabalho eram estáticos foram realizadas

2 medições para o arranjo físico inicial e 2 medições para o arranjo físico proposto, para ambos os casos foram consideradas as médias das medições.

#### 4.2. Desenvolvimento do estudo de caso e implementação das propostas

O estudo foi realizado no setor de usinagem de porcas forjadas com rosca trapezoidais no Torno CNC Nardini da empresa Ergmax technologies, em Nova Lima, Minas Gerais.

As porcas fazem parte de um kit de peças para fabricação de tirantes produzida na empresa, composto por barras trapezoidais, chapas estampadas e porcas forjadas. Sua geometria é composta por nervuras em espiral em formato de rosca trapezoidal ao longo de todo comprimento da barra, aliada à forma elíptica da seção, que permite o envolvimento pela resina de forma homogênea durante o processo de ancoragem. Esta homogeneidade e aderência dos produtos de ancoragem ao tirante confere alta capacidade de carga ao sistema.

A figura 2 apresenta as peças usinadas e suas respectivas dimensões:

ESPECIFICAÇÕES			
Elemento	Dimensões (mm)	Massa Unitária	
<b>Barra Bolting (*)</b>	Diâmetro 22	2,85 Kg	
	Diâmetro 25	3,87 Kg	
<b>Chapa Bolting</b>	150 x 150 x 4,75	0,800 Kg	
<b>Porca Bolting</b>	Chave 38 Altura 50	0,450 Kg	

(\*) Outros diâmetros sob consulta

Figura 2 – Porcas, chapas e barras usinadas para fabricação de tirantes.

Fonte: Catálogo Bolting do Brasil

##### 4.2.1. Identificação de causas e problemas no processo de produção

O procedimento de investigação das causas da baixa produtividade foi desenvolvido através de conversas com os funcionários, realização de brainstorming -

momento em que todos os participantes informaram problemas que enfrentavam no processo de produção e que poderiam estar afetando a produtividade.

As informações coletadas foram organizadas de acordo com as famílias de causas descritas por Falconi (1989) e representadas no Diagrama de Ishikawa, abaixo:



Figura 3 -Diagrama de Ishikawa – Representação das Causas de Baixa produtividade no Processo de fabricação de roscas trapezoidais

#### 4.2.2. Descrição do processo

No caso estudado, o processamento das peças é feito em um Torno CNC que, além de produzir roscas de diferentes diâmetros, também fabrica outros produtos, de acordo com a demanda da empresa, como por exemplo, lanças, cliques, entre outros relacionados à ancoragem.

Assim, o processo de produção adotado é do tipo por lotes ou bateladas, levando em consideração as características de volume e variedade de geometria, dimensões e materiais.

##### 4.2.2.1. Produção por lotes em Torno CNC

Considerando as características do equipamento em que serão usinadas as peças, os tamanhos devem estar adequados às dimensões especificadas durante a

programação do mesmo, visto que a sequência de programação não pode ser alterada durante o processamento da máquina.

No processo de produção porcas os blocos de pré-moldados possuíam tamanhos diferentes.

Assim, antes de ser iniciada a usinagem, as peças eram separadas por tamanho, para compor lotes com o diâmetro nas dimensões desejadas. O torno CNC é programado de acordo com as dimensões dos componentes dos lotes. Caso sejam usinadas peças com dimensões superiores às definidas durante a programação da máquina, ocorre desgaste e quebra das pastilhas no equipamento.

Sendo assim necessitava-se de dois tipos de programação da máquina, conforme as dimensões dos lotes 57 mm (lotes de peças maiores) e 55 mm (lotes de peças menores). Enquanto os lotes de dimensão 55 mm não eram finalizados, não se iniciava a usinagem do restante. Assim, eram produzidas em 10 peças do lote de 55 mm e, após, reprogramado o Torno, iniciava-se a produção de 10 peças do lote de 57 mm.

#### **4.2.3. Análise do arranjo físico**

A análise de layout do setor de usinagem englobou um estudo do arranjo físico, através de medições, e do fluxo de produção, que possibilitou avaliar a eficiência do arranjo físico por processo e propor soluções que pudessem impactar positivamente a produtividade do setor.

Foi realizado um estudo de tempos de produção da porca trapezoidal, que englobou o tempo de produção, o tempo de deslocamento dentro da oficina e o tempo de inspeção. O tempo de troca de ferramentas e de programação do torno CNC não foram computados.

#### **4.2.4. Estudo de tempos**

O estudo de tempos no setor de usinagem foi feito através da cronoanálise das atividades executadas nos postos de operação. Essas medições possibilitaram avaliar a produtividade do arranjo físico e calcular a produção.

O estudo de tempos tem como finalidade visualizar como as mudanças propostas impactaram positivamente no processo produtivo.

#### **4.2.5. Metodologia**

A metodologia utilizada para elaborar o arranjo físico por projeto está descrita a seguir:

- Coleta de informações sobre o centro de trabalho e o fluxo do processo de produção: Foram mapeadas as estações de trabalho e o fluxo do processo;
- Desenho do arranjo físico com foco no funcionamento dos centros de trabalho, desde o local de armazenagem do estoque de matérias-primas até o posto de trabalho onde é feita a separação do material por tamanho e, daí, até o posto de operação final, onde são armazenadas as porcas usinadas.
  - Estudo de tempos do processo produtivo inicial através da cronoanálise;
  - Cálculo da eficiência do arranjo físico inicial
  - Ajuste do arranjo físico do galpão em conformidade com a nova localização proposta para o estoque.
  - Estudo de tempos do processo produtivo proposto através da cronoanálise;
  - Cálculo da eficiência do arranjo físico proposto.
  - Verificação dos resultados da redução de distância percorrida.

#### **4.2.6. Mapofluxograma inicial do processo de produção de porcas**

Após o estudo do fluxo de produção, elaborou-se um mapofluxograma do processo para embasar a proposta de modificações no fluxo de produção e no arranjo físico do setor de Usinagem.

Conforme o mapofluxograma apresentado na figura 3, abaixo, observa-se que a matéria prima chega na oficina e é descarregada através de uma talha de 1 tonelada. O produto semi-acabado é armazenado na área estoque inicial e final, próximo ao local onde ocorre a carga e descarga de materiais.

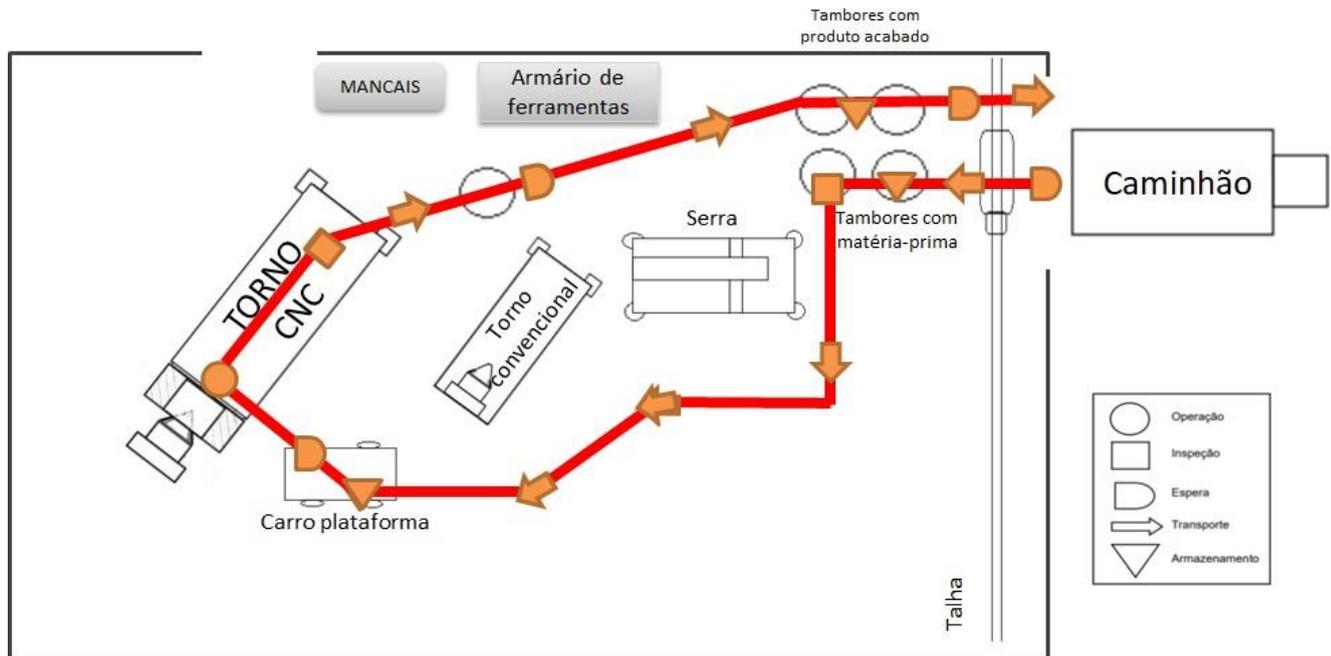


Figura 4 - Mapofluxograma do Processo de Usinagem – Situação inicial

#### 4.2.7. Análise do fluxo de produção

Para analisar o fluxo de produção, foram feitas observações durante o processo de produção e colhidas informações dos colaboradores, identificando as atividades em cada etapa do processo de produção, apresentadas a seguir.

Inicialmente, o material é recebido e armazenado. Em seguida, o operador se direciona ao Torno para prepará-lo para a usinagem. No processo de preparação, faz-se troca de ferramentas, conferência de pastilhas, conferência dos apertos dos mancais e das ferramentas, limpeza do equipamento, referenciamento da máquina, seleção do programa a ser utilizado, simulação da usinagem, produção de peça teste e, somente após estas atividades, o torno está pronto para executar a atividade de produção de porcas.

Após o *startup* no torno, inicia-se o processo de produção de porcas, cujas etapas são descritas a seguir:

- Separação, no estoque, da peça a ser forjada, de acordo com o tamanho. Esta seleção é essencial, visto que a matéria prima não é padronizada, com diâmetros fora do padrão e rebarbas que podem atrapalhar o processo de usinagem.

- Transporte da peça para o torno: as peças selecionadas são transportadas do estoque até a área do equipamento;

- Alocação da peça corretamente no equipamento: consiste em alocar a matéria-prima no molde e encaixá-la no mancal do torno. É uma etapa importante, pois requer atenção para evitar alocação de peças fora do padrão. Caso a peça não caiba com facilidade no molde, não pode ser utilizada naquele instante, pois a programação de usinagem utilizada para processá-la deve ser outra.

- Usinagem – 1ª etapa: consiste na realização do furo de centro e do furo para confecção da rosca. Este processo é automatizado;

- Mudança de direção da peça no equipamento: alteração feita manualmente pelo operador para dar sequencia na etapa de usinagem.

- Usinagem -2ª etapa: consiste confecção da rosca trapezoidal;

- Retirada da peça acabada do torno: após a finalização da usinagem, a porca é retirada do mancal;

- Inspeção da rosca: o método de inspeção utilizado é rosquear a porca no tirante-molde para verificar se o rosqueamento está adequado. Quando a porca não *enrosca*, significa que há algum problema ou no equipamento ou na seleção da peça para aquele tipo de programação;

- Armazenamento da peça: o armazenamento da porca é feito próximo ao equipamento;

- Transferência para o estoque: Após a confecção do primeiro lote (10 unidades) as porcas são transferidas para o estoque final.

#### **4.2.7.1 Diagrama de fluxo – situação inicial**

Após serem listadas as etapas do processo, foi feita a diagramação de fluxo, para melhor visualização das etapas do processo produtivo e identificação de quais poderiam ser eliminadas ou modificadas.

A figura abaixo apresenta o fluxo do processo de produção antes das propostas de mudanças:

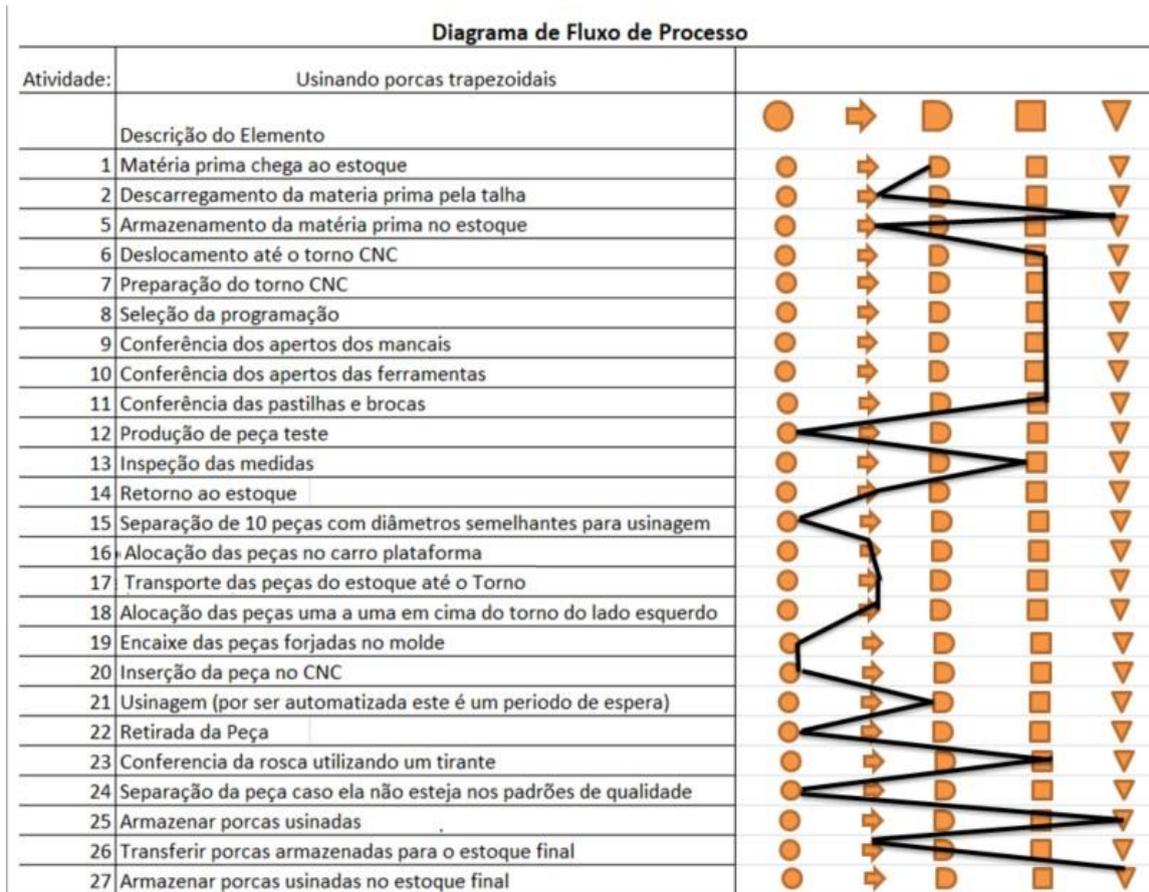


Figura 5 - Diagrama de fluxo de processo para usinagem de porca trapezoidal na Ergmax – Situação Inicial

Inicialmente, realizou-se um estudo para identificar quais atividades poderiam ocorrer simultaneamente e quais eram movimentações desnecessárias. Ao analisar as movimentações e o arranjo físico do processo, percebeu-se que o operário perdia muito tempo deslocando-se do estoque até o maquinário.

#### 4.2.8. Medida de trabalho e de desempenho

Para definir o tempo necessário para que o trabalhador execute sua atividade foram feitas cronometragens, determinando-se o tempo básico, o tempo padrão e os limites de tolerância.

Foram realizadas duas cronometragens, uma feita antes da alteração do layout e do procedimento operacional padrão e outra após as melhorias, a fim de visualizar os resultados da alteração.

No estudo realizado, não se levou em consideração a eficiência do tempo de usinagem realizada pelo torno CNC, no processo de produção de porcas. O estudo buscou avaliar apenas o layout e a movimentação do operador.

Foram realizadas 10 cronometragens de cada elemento do processo, em foi o tempo observado foi anotado e transformado em tempo básico com ajuste para normalizar o tempo observado.

A fórmula utilizada para o cálculo do tempo-básico se resume em:

Tempo básico = tempo observado X (eficiência/100)

Nos cálculos, foi considerada a tolerância que permitiu a determinação do tempo padrão do elemento:

Tempo padrão do elemento = (Tempo básico médio x (100 + % de tolerância)

Através do tempo padrão do elemento, determinou-se o tempo padrão para a tarefa através da seguinte fórmula:

Tempo padrão para tarefa = Somatório do tempo padrão do elemento + (Somatório do tempo padrão do elemento x tolerância total)

#### **4.2.8.1 Medida de trabalho e de desempenho do processo de produção antes da alteração do arranjo físico**

O estudo dos tempos do processo de produção da porca antes da alteração de layout – tempo-padrão para toda a tarefa calculada - está representado na tabela 1, abaixo.

Tabela 1 - Estudo do tempo de usinagem da porca trapezoidal – Situação Inicial

Estudo de tempo do processo de usinagem de porca trapezoidal														
Elemento		Observação em minutos										Tempo básico médio	Tolerância	Tempo padrão do elemento
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Separação da peça forjada no estoque	Tempo observado	0,024	0,021	0,027	0,028	0,024	0,022	0,03	0,023	0,02	0,022			
	Eficiência	90	80	90	90	90	90	90	90	90	90			
	Tempo básico	0,0216	0,0168	0,024	0,0252	0,022	0,02	0,027	0,0207	0,02	0,02	0,0218	12%	0,024
Transporte da peça para o Torno	Tempo observado	0,101	0,098	0,100	0,095	0,099	0,098	0,101	0,097	0,097	0,094			
	Eficiência	85	90	90	90	90	90	85	90	90	100			
	Tempo básico	0,0909	0,0882	0,09	0,0855	0,089	0,088	0,091	0,0873	0,09	0,085	0,0882	10%	0,09702
Alocação da peça corretamente no Equipamento	Tempo observado	0,21	0,22	0,2	0,21	0,23	0,21	0,24	0,22	0,25	0,24			
	Eficiência	90	90	90	90	90	90	80	90	90	90			
	Tempo básico	0,189	0,198	0,18	0,189	0,207	0,189	0,192	0,198	0,23	0,216	0,1983	10%	0,21813
Usinagem etapa 1 (Furo)	Tempo observado	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05			
	Eficiência	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100			
	Tempo básico	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05		1,05
Mudança da direção da peça no equipamento manualmente	Tempo observado	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75			
	Eficiência	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100			
	Tempo básico	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	10%	4,125
Usinagem etapa 2 (rosca)	Tempo observado	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85			
	Eficiência	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100			
	Tempo básico	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85		0,85
Retirada da Peça acabada do Torno	Tempo observado	0,13	0,11	0,14	0,11	0,1	0,16	0,12	0,11	0,14	0,15			
	Eficiência	90	90	90	90	90	80	90	90	90	90			
	Tempo básico	0,117	0,099	0,126	0,099	0,09	0,128	0,108	0,099	0,13	0,135	0,1127	6%	0,119462
Inspeção da rosca	Tempo observado	0,25	0,24	0,24	0,26	0,28	0,23	0,24	0,27	0,22	0,25			
	Eficiência	90	100	100	80	80	90	100	80	100	80			
	Tempo básico	0,225	0,24	0,24	0,208	0,224	0,207	0,24	0,216	0,22	0,2	0,222	10%	0,2442
Armazenamento da peça	Tempo observado	0,25	0,22	0,21	0,24	0,22	0,23	0,21	0,2	0,24	0,23			
	Eficiência	80	90	90	90	80	90	90	100	90	90			
	Tempo básico	0,2	0,198	0,189	0,216	0,176	0,207	0,189	0,2	0,22	0,207	0,1998	10%	0,21978
Transferência para o estoque	Tempo observado	0,107	0,109	1,051	0,107	0,104	0,108	0,105	0,106	0,108	0,109			
	Eficiência	90	80	90	90	100	85	90	90	85	80			
	Tempo básico	0,0963	0,0872	0,946	0,0963	0,104	0,092	0,095	0,0954	0,09	0,087	0,179	10%	0,196944
											Tempo padrão em		7,145	
											Tolerância (Total)	3%	0,214	
											Tempo padrão para a tarefa		7,359	

Com o resultado obtido, calculou-se a produção de porcas por turno, conforme se demonstra:

$$P1 = JT1/TP$$

$$P2 = JT2/TP$$

$$PT = P1 + P2$$

$$PM = PT \times \text{dias mês}$$

Onde:

JT1 = Jornada de Trabalho Turno 1;

JT2 = Jornada de Trabalho Turno 2;

TP = Tempo Padrão para a tarefa;

PT = Produção total;

P1 = Produção Total turno 1;

P2 = Produção Total turno 2;

Desta forma, para este modelo, tem-se:

$P1 = 540 / 7,359 = 73,38$  peças/dia turno 1;

$P2 = 360 / 7,359 = 48,92$  peças/dia turno 2;

$PT = 73,38 + 48,92 = 122,30$  peças/dia total;

$PM = 122,30 * 21$  (dias) = 2568 peças/mês.

#### **4.2.9. Cálculo da eficácia e representação gráfica do arranjo físico inicial**

Desenhou-se, inicialmente, o arranjo físico considerando a distância percorrida e o ciclos de processo, tendo como referência o tempo de execução de 1 dia, levando-se em consideração as quantidades levantadas na medição de trabalho e desempenho.

Os valores considerados na figura 5 representam o arranjo físico inicial, conforme quadro 01, permitindo apurar-se o número de jornadas percorridas em um dia e no somatório dos centros de trabalho - no caso, seis centros de trabalho - conforme detalhado abaixo:

A = Posto de trabalho do estoque inicial com as peças forjadas;

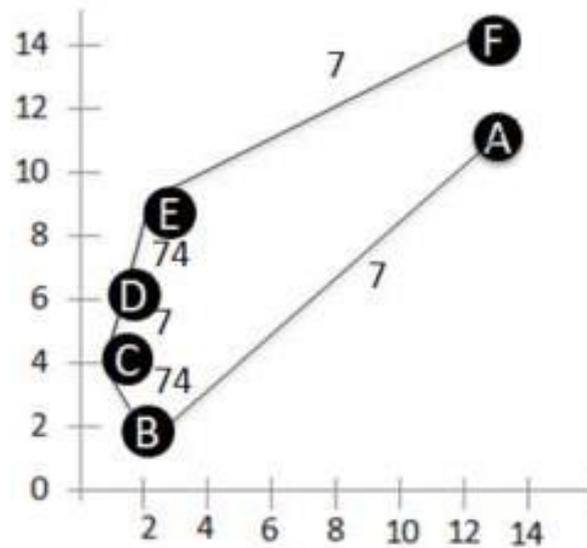
B = Carro de carga com 10 peças aguardando usinagem;

C = Torno CNC;

D = Estoque secundário onde é armazenado um lote de 10 peças usinadas, que foram inspecionadas e aguardam transferência para o carro de carga;

E = Carro de carga com 10 peças aguardando transferência para o estoque final;

F = Estoque final.



Eficácia do arranjo físico = Distância total percorrida/dia

Figura 6 - Representação gráfica do arranjo físico inicial

Para o cálculo da eficácia deste arranjo físico tem-se:

Eficácia do arranjo físico =  $\sum F_{ij} D_{ij}$ , para todo  $i \neq j$ , onde:

$F_{ij}$  = fluxo em carregamento, do centro de trabalho  $i$  para o centro de trabalho  $j$ .

$D_{ij}$  = distância entre o centro de trabalho  $i$  ao centro  $j$ .

Logo, tem-se:

Eficácia do arranjo físico =  $\sum F_{ij} D_{ij} = (7,4 \cdot 15,62) + (74 \cdot 1) + (7 \cdot 1) + (74 \cdot 1,5) + (7,4 \cdot 10,6)$

Eficácia do arranjo físico = 364,23 m

Desta forma, para o arranjo físico inicial temos que a distância percorrida por dia é de 364,23 m.

#### 4.2.10. Proposta de reorganização do arranjo físico por processo

Conforme Slack (1997), um bom arranjo físico deve considerar a segurança inerente, extensão do fluxo, clareza do fluxo, conforto da mão-de-obra, coordenação gerencial, acesso, usos do espaço e flexibilidade de longo prazo.

Portanto, para elaboração de um novo arranjo físico, compatível com a realidade da produção, propôs-se uma mudança na localização do estoque de matéria prima e de produto acabado. Esses materiais ficavam na entrada do galpão a uma distância aproximada de doze metros do Torno CNC. A mudança proposta foi a alteração do local de armazenagem dos tambores com o material para um local com distância de dois metros em relação equipamento, de forma a evitar deslocamento desnecessário. Tal alteração foi motivada com o objetivo de aumentar a eficácia do arranjo físico, visto que anteriormente o estoque inicial ficava há 12 metros do equipamento.

#### **4.2.11. Resultados esperados com a mudança proposta**

A mudança do local de armazenamento foi proposta com os seguintes objetivos:

- Aumentar a segurança inerente: anteriormente o operário deveria transportar as peças forjadas por 12 metros em um carro de carga até o equipamento. Durante o trajeto, poderiam ocorrer queda das peças e acidente no trabalho.

- Reduzir a extensão do fluxo: ao trazer os tambores para perto do equipamento, o tamanho do fluxo é reduzido, possibilitando que os objetivos do processo sejam alcançados de forma mais rápida, reduzindo o custo de produção;

- Proporcionar clareza de fluxo: com a alteração, foram alocados dois tambores com peças forjadas, já previamente separadas por tamanho e especificações e um terceiro tambor, à direita do torno, com as peças acabadas que, ao término da operação, seria direcionado para a região de expedição de produtos, para carregamento do caminhão.

- Proporcionar maior conforto à mão-de-obra: com a redução da distância entre o estoque de matéria prima e a máquina, evita-se que o operador tenha que transitar por tempo superior ao estritamente necessário, reduzindo esforços e cansaço físico.

- Melhorar as condições para a coordenação gerencial: esta mudança possibilitou uma maior visualização do processo e da produção pela gerência.

- Melhorar as condições de acesso às vias no galpão: uma das preocupações ao realizar esta modificação foi o acesso às máquinas, aos equipamentos e materiais, e às rotas de fuga. Preocupou-se em alocar os tambores de forma a ampliar o espaço livre nas rotas de acesso, facilitando o trânsito dos colaboradores.

- Melhorar o aproveitamento do espaço do galpão como um todo: na empresa, nas proximidades do torno, existem outros equipamentos como prensas, fresadoras, lixadeiras

e guilhotinas, devendo a nova localização do estoque ser bem planejada para garantir a harmonia entre os espaços e vias de todos os setores.

- Flexibilidade a longo prazo: como o Torno CNC era utilizado não só para produção de porcas trapezoidais era importante garantir que este arranjo físico fosse flexível, sendo assim quando os tambores estavam vazios e o processo de produção estudado não estava sendo executado os tambores eram transferidos para outra região, garantindo a flexibilidade do arranjo físico no curto e no longo prazo.

#### 4.2.12. Mapofluxograma do processo de produção de porcas - situação proposta

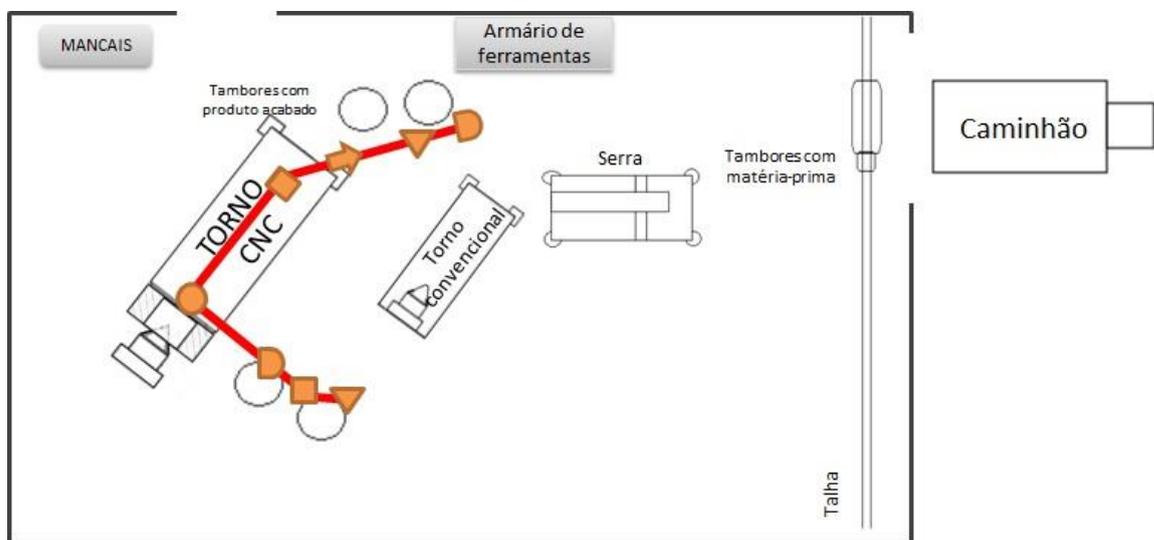


Figura 7 - Mapofluxograma do processo de usinagem – situação proposta

#### 4.2.13. Diagrama de fluxo – situação proposta

Após verificar-se que ocorria perda de tempo pelo deslocamento do operário entre o estoque e o equipamento, foi proposto que o estoque fosse alocado mais próximo do torno, a fim de evitar movimentos desnecessários. Desta forma, o fluxo passou de 27 para 23 atividades, conforme representado a seguir.

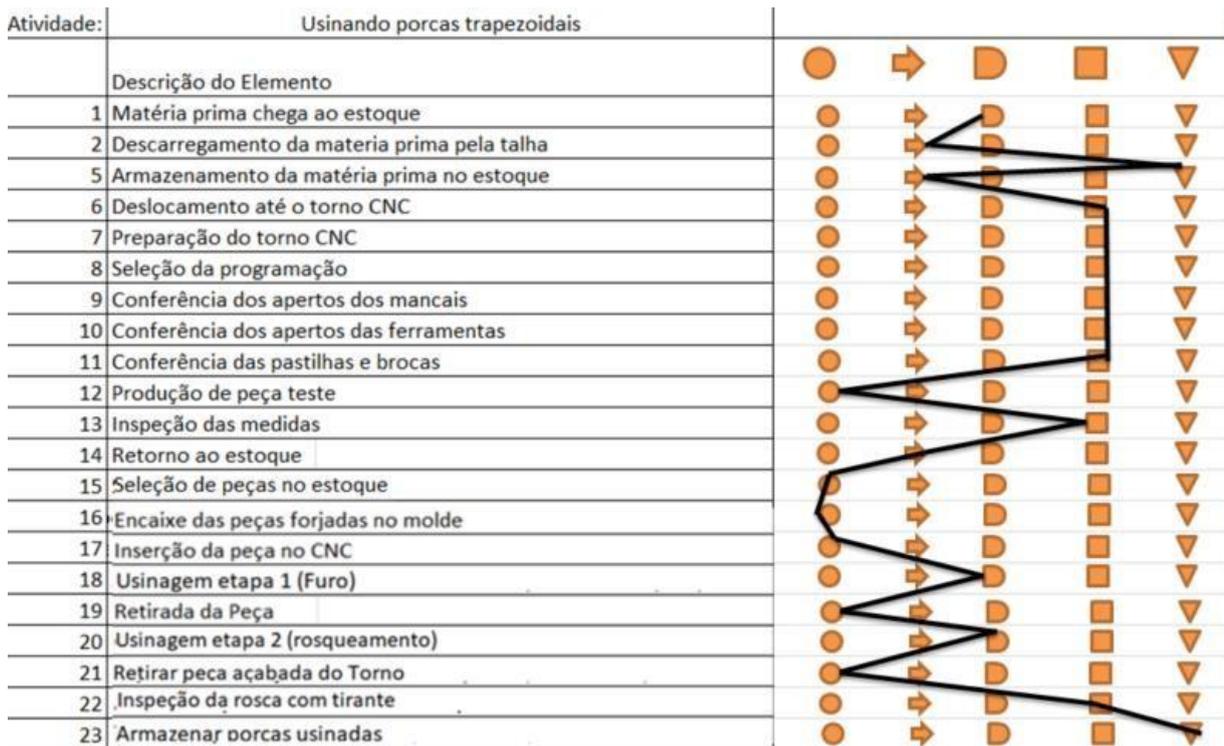


Figura 8 - Diagrama de fluxo de processo para usinagem de porca trapezoidal na Ergmax Technologies - situação proposta

#### 4.2.14. Medida de trabalho e de desempenho do processo de produção após a alteração de layout

Com a implementação do novo layout foram obtidos os seguintes resultados, apresentados na figura a seguir.



#### 4.2.15. Cálculo da eficácia e representação gráfica do arranjo físico proposto

Para a figura 09, levou-se em consideração a alteração do layout conforme proposta, modificando a localização dos estoques e as alterações nas atividades do processo conforme mapofluxogram figura 6. Os resultados obtidos no quadro 02 também foram utilizados para a elaboração deste novo layout e para o cálculo da eficiência do novo arranjo físico.

Sendo assim temos:

A = Posto de trabalho do estoque inicial com as peças forjadas já separadas por diâmetro;

B = Torno CNC;

C = Estoque secundário onde é armazenado um lote de 10 peças usinadas, que foram inspecionadas e aguardam transferência para o carro de carga .

D = Estoque final.

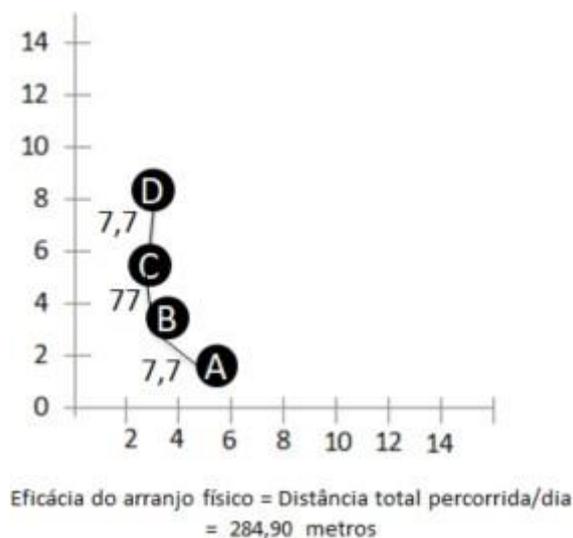


Figura 9 - Representação gráfica do arranjo físico proposto

Para o cálculo da eficácia deste arranjo físico tem-se:

Eficácia do arranjo físico =  $\sum F_{ij} D_{ij}$ , para todo  $i \neq j$  =, logo:

Eficácia do arranjo físico =  $\sum F_{ij} D_{ij} = (7,7*2)+(77*1)+(77*2,5) = 284,90$  m.

Desta forma, para o novo arranjo físico temos que a distância percorrida por dia é de 284,90 m.

Com os resultados obtidos foi possível mensurar a eficiência do novo arranjo físico. Temos que a o novo arranjo físico é 21,78% mais eficiente que o inicial.

Ao alocar os recursos transformadores por conveniência e de acordo com a necessidade da operação tivemos como resultado um aumento da produção mensal de 149 peças e uma economia de deslocamentos de 21,78%.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aumentar a produtividade através da redução do custo de produção é uma tarefa desafiadora. Uma das soluções encontradas foi a análise de layout e o estudo de movimentos, os quais foram realizados com recursos próprios, no entanto, ainda assim estes estudos possuem muitas restrições, como por exemplo restrições fiscais e econômicas.

Este trabalho demonstrou a aplicação das metodologias de estudo de tempos e movimentos juntamente com a análise de layout em uma empresa metalúrgica, levando em consideração suas principais dores, a dificuldade de produzir a quantidade de peças necessárias dentro do prazo estipulado, implicando em prejuízos para a empresa.

Com o objetivo de aumentar a produção foi realizada uma análise de layout, um estudo detalhado do arranjo físico e o estudo de tempos e movimentos e o dimensionamento correto dos fatores de produção e a elaboração de um novo procedimento de produção.

Os resultados obtidos foram satisfatórios e o conhecimento das ferramentas de análise de layout e estudo de tempos incentivou a empresa a aplica-las em outros setores como na caldeiraria, no corte de chapas na guilhotina e nas prensas as quais também estavam com gargalo na produção devido ao arranjo físico inapropriado.

As metodologias utilizadas para a análise de layout juntamente com o estudo de tempos e movimentos possibilitaram uma melhor visualização do processo produtivo inicial e do processo proposto, fornecendo dados relevantes para a aplicação do novo arranjo físico.

Os benefícios observados com o modelo proposto são, liberação da área de carga e descarga de materiais, facilitando a movimentação e o recebimento de outras matérias-primas de outros setores, a diminuição no tempo gasto com movimentações, maior organização da oficina, melhores padrões de higiene e segurança, facilitação da limpeza, facilitação do controle do processo pela coordenação, diminuição do cruzamento de fluxo, e o principal diminuição do tempo gasto com movimentações em cerca de 21% e consequentemente aumento na produção diária de 7 peças aumento da produção em quase 149 peças/mês o que configurou em uma melhoria na produção e possibilitou que

a empresa pudesse atender a demanda mensal no prazo estabelecido com cliente, evitando atrasos e prejuízos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHIAVENATO, Idalberto. Introdução à Teoria Geral da Administração. 7 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004
- PEINADO, Jurandir & GRAEML, A. Reis. Administração da produção: operações industriais e de serviços. Curitiba: UnicenP, 2007
- CAMAROTTO, João Alberto. Projeto do trabalho: métodos, tempos, modelos, posto de trabalho. São Carlos: Departamento da Universidade Federal de São Carlos (DEP-UFSCar), 2007.
- BARNES, R.M. Estudo de tempos e movimentos: projeto e medida do trabalho. Tradução de Sergio Luis Oliveira Assis, José S. Guedes Azevedo e Arnaldo Pallota. 6. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1986.
- FALCONI, Vicent F. TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês). 5. ed. Belo Horizonte: Bloch, 2004.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S. & JOHNSTON, R. Administração da produção. São Paulo: Atlas, 2009.
- Silva, Márcio Bacci et al. Teoria da Usinagem dos Materiais. 1ª. Edição. São Paulo. Editora Blucher, 2009.