



**Leandro Reichert**

**IMPLANTAÇÃO DE UMA CÉLULA DE PRODUÇÃO EM UMA  
INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR**

Horizontina

**2014**

**Leandro Reichert**

**IMPLANTAÇÃO DE UMA CÉLULA DE PRODUÇÃO EM UMA  
INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, pelo Curso de Engenharia de Produção da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Vilmar Silva Bueno, Ms.

CO-ORIENTADOR: Jonas Rigodanzo, Ms.

**Horizontina**

**2014**

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA**

# **CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:**

**“Implantação de uma célula de produção em uma Instituição de Ensino Superior”**

**Elaborada por:**

**LEANDRO REICHERT**

como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia de Produção

**Aprovado em: 12/11/2014**  
**Pela Comissão Examinadora**

---

**Ms. Vilmar Silva Bueno**

**Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

---

**Ms. Jonas Rigodanzo**

**FAHOR – Faculdade Horizontina**

---

**Esp. Valmir Vilson Beck**

**FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina**

**2014**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à minha família, que sempre me apoiou ao longo deste tempo e me deu o suporte necessário para alcançar meus objetivos.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente ao meu pai, minha mãe e meu irmão, pelo incentivo e suporte durante estes anos.

Agradeço à FAHOR, por ter aberto as portas para que eu pudesse desenvolver este trabalho na instituição.

Agradeço também aos professores, por compartilharem seus ensinamentos, e aos amigos e colegas que estiveram presentes durante esta trajetória.

“A persistência é o caminho do êxito.”

Charles Chaplin

## RESUMO

Em um mercado competitivo, instituições de ensino buscam formar profissionais capacitados ao mercado do trabalho e, para isso, investimentos em melhorias e diversificação dos laboratórios de estudo mostram-se de ímpar importância na formação dos alunos. O presente estudo tem o objetivo de demonstrar através de um estudo de caso os benefícios e melhorias alcançados com a substituição de um layout unicamente funcional por um arranjo celular em um laboratório de estudos de uma faculdade do noroeste gaúcho. Objetiva-se a implantação deste layout celular, sendo este uma futura ferramenta pedagógica para uso dos docentes. A metodologia apresenta uma revisão de literatura contemplando os tipos de arranjos físicos, conceitos para definição de um layout celular, processos de implantação de uma célula de trabalho utilizando a metodologia Rank Order Clustering, seguida de uma análise da produção de uma peça na célula comparado à produção deste item com o arranjo físico funcional que existia. O layout celular apresentou grandes vantagens que perpassam, principalmente, a redução da movimentação da peça entre os processos produtivos, e também a elaboração de um fluxo lógico para o processo. Layout celulares são peças-chave na busca da melhoria e através deste estudo as vantagens de sua aplicação são observadas na prática pelos graduandos dos cursos de Engenharia desta Instituição.

**Palavras-chave:** Layout celular. Tipos de Layout. *Rank Order Clustering*.

## ABSTRACT

In a competitive market, educational institutions are constantly seeking to educate more capable professionals; therefore, investing and diversifying on their study laboratories is truly relevant to make it through. This study aims to point out, through a case study, the benefits reached from an implantation of a cellular layout where there is initially only a functional one, in an educational institution laboratory. The study consists of implementing a cellular layout using the algorithmic technique called Rank Order Clustering. The literature review covers different sets of layout as so concepts to define a cellular layout, all the steps within implementing a new layout, comparing the work flow between the previous and new layout with simulating an item manufacturing. The cellular layout presented great improvements concerning the item flow process, making it much leaner and more logic. Cellular layouts are key points when improving and through this study the advantages of using it were made clear to graduating engineers at this college.

**Keywords:** Cellular Layout. Layouts. Rank Order Clustering.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de <i>layout</i> : Volume x Variedade .....	20
Figura 2 - Exemplo de <i>layout</i> posicional .....	21
Figura 3 - Exemplo de <i>layout</i> por processo.....	22
Figura 4 - Exemplo de <i>layout</i> em célula.....	23
Figura 5 - Exemplo de <i>layout</i> por Produto.....	25
Figura 6 - Peça desenvolvida para simulação de produção.....	33
Figura 7 - Item na fresadeira, produção em lote .....	34
Figura 8 - Processo na Furadeira, produção em lote .....	34
Figura 9 - Processo no torno, produção em lote .....	35
Figura 10 - Furadeira de Coluna de Piso.....	39
Figura 11 - Torno Mecânico Horizontal.....	40
Figura 12 - Fresadora Universal .....	40
Figura 13 - Layout Celular.....	41
Figura 14 - Célula de trabalho do Laboratório de Estudo .....	43
Figura 15 - Fluxo do Processo Layout Funcional.....	44
Figura 16 - Fluxo de Processo Layout Celular.....	45
Figura 17 - Operação na Fresadora .....	46
Figura 18 - Operação na Furadeira .....	46
Figura 19 - Operação no Torno 1 .....	47
Figura 20 - Operação no Torno 2 .....	47

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Matriz de Incidência .....	26
Quadro 2 - Matriz Estrutura Bloco Diagonal .....	27
Quadro 3 - Relação de Equipamentos do LaCMU.....	31

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz de Incidência .....	36
Tabela 2 - Matriz Estrutural Bloco Diagonal.....	36
Tabela 3 - Matriz de Incidência .....	37
Tabela 4 - Matriz Estrutural Bloco Diagonal.....	38

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1. JUSTIFICATIVA.....	13
1.2. OBJETIVOS.....	14
<b>1.2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>14</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	16
2.2. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO EM UM CONTEXTO HISTÓRICO.....	16
<b>2.2.1. Revolução Industrial .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.2. Administração Científica .....</b>	<b>17</b>
2.3. LAYOUT.....	18
2.4. TIPOS DE LAYOUT.....	19
<b>2.4.1. Layout Posicional .....</b>	<b>20</b>
<b>2.4.2. Layout por Processo ou Funcional .....</b>	<b>21</b>
<b>2.4.3. Layout Celular.....</b>	<b>22</b>
<b>2.4.4. Layout por Produto .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.5. Layouts Mistos .....</b>	<b>25</b>
2.5. PLANEJAMENTO DE CÉLULAS DE PRODUÇÃO.....	25
<b>2.5.1. Rank Order Clustering .....</b>	<b>26</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>28</b>
3.1. MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	28
<b>4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>29</b>
4.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	29
<b>4.1.2 Laboratório de Conformação Mecânica e Usinagem.....</b>	<b>30</b>
4.2. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL.....	31
4.3. DEFINIÇÃO DO ITEM A SER PRODUZIDO NA CÉLULA.....	32
4.4. DIAGNÓSTICO DA PRODUÇÃO ATUAL.....	33
4.5. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA ROC.....	35
4.6. DEFINIÇÃO DO LAYOUT CELULAR.....	38
<b>4.5.1 Implantação do Layout Celular .....</b>	<b>42</b>
4.7. FLUXO DO PROCESSO.....	43
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>50</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Em um mercado extremamente competitivo, a busca por profissionais altamente capacitados cresce constantemente. As instituições de ensino superior buscam se manterem atualizadas e necessitam constantes investimentos em infraestrutura para garantir que graduandos atinjam os altos níveis de formação exigidos atualmente. Segundo Barbosa (2003), instituições de ensino podem ser entendidas como um serviço de educação efetivado pela docência e pesquisa, cujas funções perpassam a criação, desenvolvimento, transmissão e crítica da ciência, preparando profissionais para exercitarem atividades que exigirão conhecimento científico e técnico.

Ainda de acordo com Barbosa (2003), o ensino superior apresenta algumas características, sendo elas: propiciar domínio de um conjunto de conhecimentos, métodos e técnicas científicas, assegurando que o graduando tenha o domínio científico e profissional dentro do campo específico de estudo.

Dentro do âmbito de pesquisa da Engenharia de Produção, o estudo de *layouts*, bem como ferramentas e/ou métodos de definição e implantação, representa um importante papel na formação do futuro engenheiro. Sendo assim, uma instituição de ensino deve prover as ferramentas adequadas ao corpo docente para a transmissão deste conhecimento. Nesse contexto, os laboratórios de ensino, onde o conhecimento teórico alia-se à prática, são excelentes ferramentas.

### 1.1. JUSTIFICATIVA

Este é um trabalho sobre a implantação de um *layout* celular em um laboratório de uma instituição de ensino superior que será utilizado como meio de pesquisas e ferramenta de ensino para os docentes.

Estudo de *layout* é um tema recorrente dentro da engenharia de produção. Empresas buscam, constantemente, o aperfeiçoamento dos seus *layouts* como meio para redução de custos, aumento de produtividade e eficiência, afim de obter e manter competitividade no mercado.

Ao estabelecer uma relação física entre as atividades desenvolvidas, Tompkins et al.(1996) ressalta a importância do estudo de definição de um *layout* dentro de um planejamento de instalações. Para tanto, o autor utiliza critérios sistemáticos de análise para encontrar soluções para os problemas apresentados. Uma implantação de *layout* faz uso de diversas ferramentas, como as matrizes processo x produto, que auxiliam e parametrizam o processo de implantação de um novo visual.

Esta pesquisa, portanto, pode ser utilizada futuramente como ferramenta de estudo para estudantes de engenharia. Além disso, conjuntamente com a análise da célula de trabalho em si, pode proporcionar ao aluno não somente um detalhado entendimento de todo o processo de implantação de *layout*, perpassando todas as etapas para tanto, como também denotar as vantagens que um *layout* em célula apresenta, confrontando este sistema com outros sistemas existentes.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Realizar a implantação de um *layout* celular em um laboratório de uma instituição de ensino superior a partir de um *layout* unicamente funcional, utilizando a ferramenta *Rank Order Clustering* para a construção deste, promovendo assim um trabalho que possa servir, futuramente, de referência para alunos da referida Instituição como auxílio no processo de aprendizado de assuntos referentes.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Visando atingir o objetivo principal, alguns objetivos específicos são requeridos, entre eles:

- Elaboração de referencial teórico versando a implantações de *layouts* celulares e a importância de aliar conhecimento empírico ao teórico para melhor aprendizado.

- Investigar as etapas e processos para a implantação de um *layout* celular.
- Utilizar ferramentas específicas para fundamentar teoricamente o *layout* a ser implantado.
- Elaborar uma célula de trabalho conforme as exigências de produção.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Na revisão da literatura estão abordados os conceitos pertinentes à realização deste trabalho, buscando a fundamentação e a base bibliográfica para servir de suporte ao desenvolvimento desse projeto.

### 2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Um estudo de *layout* pode trazer inúmeras melhorias à linha produtiva. No entanto, este processo deve ser realizado sob um estudo detalhado, uma vez que uma simples mudança pode causar um conflito maior do que a transformação estrutural de uma organização. É certo que o espaço físico utilizado é de suma importância para a indústria. Entretanto, ao realizar uma mudança no arranjo físico, não apenas o aspecto visual e de conforto devem prevalecer no estudo de aproveitamento do espaço físico; mais do que isso, importa o fluxo existente entre pessoas e produtos, além da maneira que estes interagem entre si. (ARAUJO, 2001).

### 2.2. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO EM UM CONTEXTO HISTÓRICO

Segundo Martins e Laugeni (1999), o conceito de produção associa-se a um grupo de atividades objetivando a transformação de um bem tangível em outro com maior utilidade. Atividade esta que é inerente e diretamente responsável pela evolução do homem desde o seu primórdio.

O dicionário Michaelis (2012) define produção como o “ato ou efeito de produzir; fabricação, manufatura; coisa produzida naturalmente ou pelo trabalho, produto.” Ainda, segundo Michaelis, produção é a quantidade produzida por unidade produtora ou unidade de tempo, rendimento.

Nos primórdios, o homem pré-histórico utilizava-se do processo de polidura de pedras para obter utensílios e produtos, na então chamada idade da pedra polida. Não havia ainda, no entanto, um comércio de bens ou troca de mercadorias. (MARTINS; LAUGENI, 1999).

Com o passar do tempo, o homem adquiriu a habilidade de produzir certos itens, iniciando, assim, a produção por encomendas observando características do próprio pedido. Esta atividade levou ao surgimento dos primeiros artesãos que, na iminência de cumprir prazos de entrega para seus produtos, criaram os primeiros sistemas de produção organizada, muitas vezes, inclusive, contratando auxiliares de produção que na maior parte das vezes acabariam se tornando futuros artesãos. (MARTINS; LAUGENI, 1999).

### **2.2.1. Revolução Industrial**

Os métodos produtivos apenas viriam a sofrer mudanças significativas no século XVIII, mais especificamente em 1764, quando o matemático e engenheiro James Watt inventou a máquina a vapor. Com advento desta nova tecnologia empregada aos meios produtivos, despontou a Revolução Industrial, e, como consequência, a decadência do sistema de produção artesanal, uma vez que os artesãos, ora alocadas em suas próprias oficinas, passaram a ser agrupados dentro de fábricas. (MARTINS; LAUGENI, 2005).

Esta nova era na história da produção veio acompanhada de algumas exigências que foram apontadas por Martins e Laugeni (1999):

- Produtos padronizados;
- Processos de fabricação padronizados;
- Mão de obra treinada e habilitada ao novo conceito de produção;
- Utilização de quadros gerenciais e também para supervisão;
- Desenvolvimento de técnicas para planejamento e controle da produção;
- Desenvolvimento de técnicas para controle de finanças;
- Desenvolvimento de técnicas para vendas.

### **2.2.2. Administração Científica**

Já no final do século XIX, nos Estados Unidos, surgem os primeiros conceitos de Administração Científica através de Frederick Taylor.

Este empreendedor buscou o aumento produtivo tomando a eficiência dos operários como parâmetro. Após analisar os métodos produtivos e os trabalhadores,

foi possível identificar falhas no processo produtivo, geradoras de baixa produtividade. Assim, Taylor identificou a necessidade da criação de um método racional padrão de produção, surgindo a Administração Científica, que tem por base conceitos advindos da observação e mensuração. (CHIAVENATO, 2004, p.41)

No início do século XX, Henry Ford - e sua linha de montagem em série -, popularizou o conceito de produção em massa, revolucionando os métodos manufatureiros da época, cujo conceito básico é a produção em larga escala e baixa variabilidade. Com isso, novos conceitos surgiram, como indicam Martins e Laugeni (1999):

- Linhas de montagem;
- Postos de montagem;
- Estoques intermediários e produtos em processo;
- Trabalho monótono;
- Arranjos físicos;
- Balanceamento de linha;
- Motivação dos trabalhadores;
- Organizações sindicais;
- Conceitos de manutenção preventiva;
- Controle Estatístico da Qualidade;
- Fluxogramas de processo.

O advento da manufatura em série proporcionou à indústria um significativo aumento em produtividade e qualidade.

### 2.3. LAYOUT

*Layout*, como definido por Rocha (1995), é o arranjo físico de todos os fatores que ocupam um espaço, sejam máquinas, postos de trabalhos, pessoas ou áreas de circulação, que são racionalmente distribuídos buscando maximizar a funcionalidade de um processo, melhorando o ambiente de trabalho.

Segundo Slack et al. (1996), definir o *layout* é decidir como esta distribuição ocorrerá dentro do espaço físico disponível. Em uma operação produtiva, a configuração destes elementos é uma das características mais evidentes, definindo

sua forma e aparência e determinando como os recursos transformados fluem através dele.

Um *layout* não planejado pode implicar em um fluxo demasiadamente confuso ou longo, gerando estoques intermediários de materiais, desbalanceamento da produção, tempos de processamento longos e elevados custos de produção.

Por outro lado, um *layout* bem planejado traz inúmeros benefícios que se traduzem em vantagens competitivas. Entre estes, pode-se citar, segundo Shingo (1996):

- Eliminação de horas-homem de transporte;
- Feedback de informação referente à qualidade mais rápido, contribuindo na diminuição de defeitos;
- Redução de horas-homem ao diminuir ou eliminar esperas de lote ou de processo;
- Redução do ciclo de produção.

Ainda, de acordo com Shingo (1996, p.136), em relação a melhorias de *layout*:

A melhoria do layout passa por várias etapas. Primeiramente, as máquinas devem estar dispostas em correspondência com o fluxo de processamento do produto. Organizar a fábrica em seções de acordo com o tipo de máquina (por exemplo, seção das prensas ou seção dos tornos) é uma medida que somente aumenta o transporte.

## 2.4. TIPOS DE LAYOUT

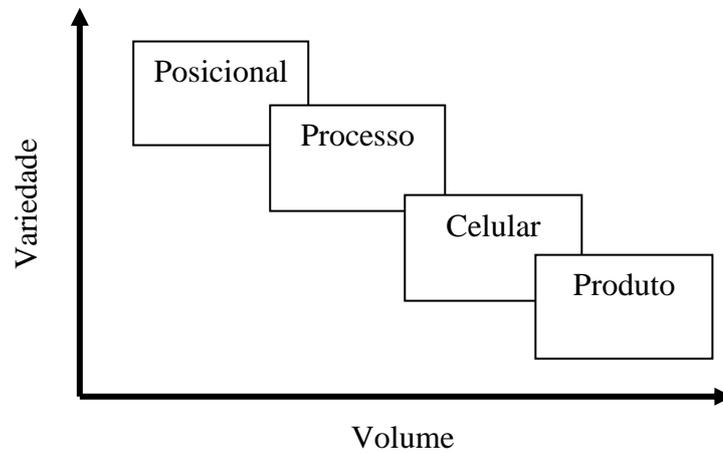
O tipo de arranjo físico é a forma geral de disposição dos recursos produtivos da operação. Segundo Slack et al.(1999 apud Hepfner 2008), a maioria dos arranjos físicos, na prática, deriva de apenas 4 tipos básicos de *layout*, os quais podem ser dispostos na Figura 1 correspondendo a diferentes níveis de volume e variedade de produtos ou serviços. São eles:

- Layout posicional;
- *Layout* por processo;
- Layout celular;
- Layout por produto.

De maneira simplificada, aumentando-se o volume, aumenta-se a importância de se gerenciar bem os fluxos, do contrário, reduzindo-se a variedade, aumenta-se a

viabilidade de um arranjo físico baseado num fluxo evidente e regular (SLACK et al. apud HEPFNER, 2008).

Figura 1 - Tipos de *layout*: Volume x Variedade



Fonte: adaptado de Silveira apud Hepfner (2008).

Estilos de layout surgiram e foram desenvolvidos visando específicas necessidades de cada tipo de indústria.

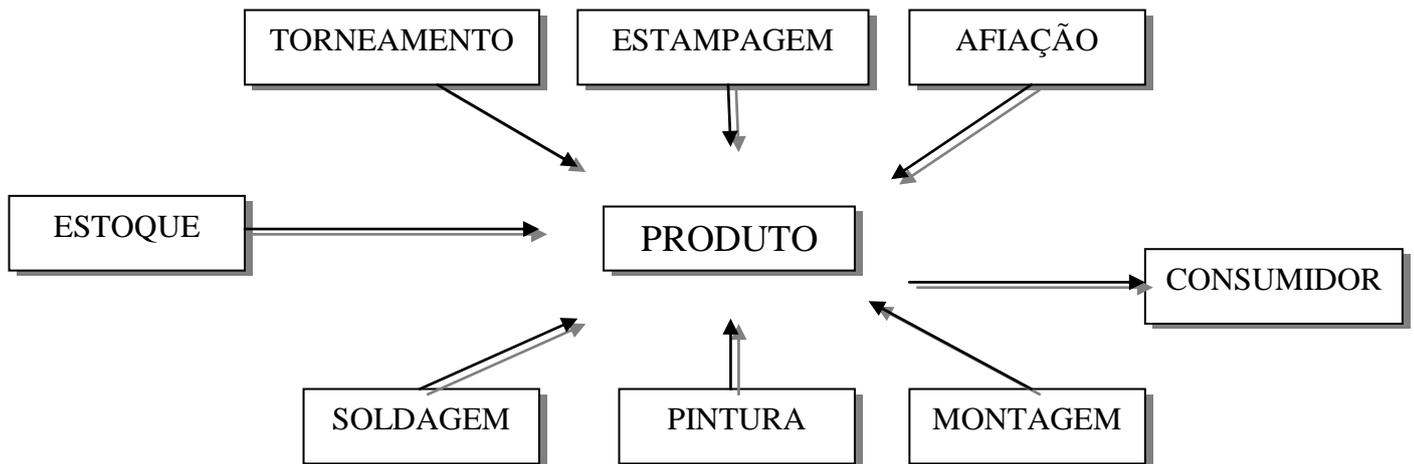
Dois sistemas básicos podem ser utilizados para organizar uma nova linha: o sistema de produção por produto e o sistema de produção por processo. Nos sistemas de produção cuja arquitetura privilegia a organização por produto, as máquinas são dispostas em linhas de produção dedicadas à fabricação de produtos específicos. Essa forma de organizar a produção apresenta certas vantagens, como o baixo custo de movimentação de materiais, pequenos níveis de estoque de produtos em processo e elevado grau de controle das atividades de produção. Contudo, embora apresente elevadas taxas de produção, esse sistema é pouco flexível, não permitindo a obtenção de vantagens referentes à economia de variedade (XAMBRE; VILARINHO, 2003).

### 2.4.1. Layout Posicional

De acordo com Slack et al. (1999), o arranjo físico no layout posicional é de certa forma uma condição em termos, já que os recursos transformados não se movem entre os recursos transformadores, e sim o contrário. Ao invés de materiais, informações ou clientes fluírem através de uma operação, quem sofre o

processamento fica estacionário. As estações de trabalho são posicionadas e sequenciadas ao redor do material ou produto produzido, o qual possui uma posição fixa, como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Exemplo de *layout* posicional



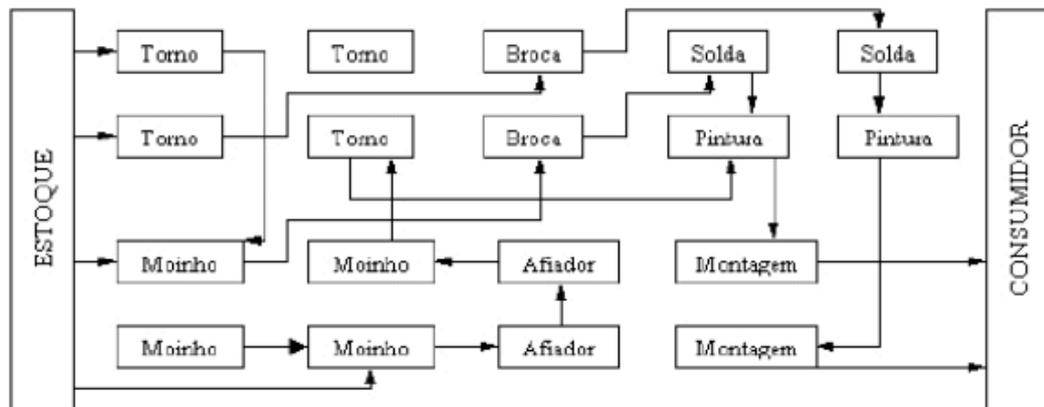
Fonte: adaptado de Tompkins et al. (1996)

Segundo Krajewski e Ritzman (1999), layouts posicionais são utilizados, principalmente, na montagem de itens demasiadamente volumosos, como navios, aviões ou na construção civil.

#### 2.4.2. Layout por Processo ou Funcional

Segundo Martins (2006), em um layout por processo ou funcional (Figura 3), processos e equipamentos são desenvolvidos em uma mesma área, assim como operações ou montagens semelhantes são agrupadas. O item a ser produzido se deslocará buscando os processos, como mostra a figura 3. Por ser um layout com alta flexibilidade, atende à diversificação nos produtos e na quantidade, absorvendo mudanças de mercado e espaço físico. Apresenta um fluxo longo dentro da fábrica, sendo voltado à produção em pequenas e médias quantidades. (MARTINS, PETRÔNIO G.; LAUGENI, FERNANDO PIERO, 2006).

Figura 3 - Exemplo de layout por processo



Fonte: Tompkins et al. (1996)

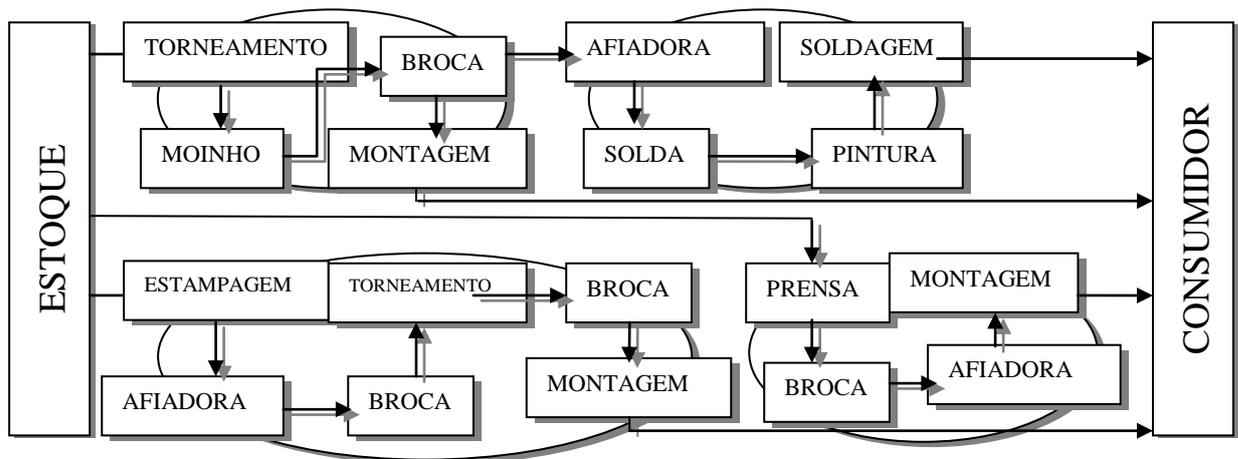
### 2.4.3. Layout Celular

Um arranjo físico celular é aquele onde é feita uma pré-seleção dos recursos transformadores, baseando-se em atividades comuns no processo de transformação, formando assim famílias de produtos. A célula em si pode ser organizada segundo o layout por processo ou por produto. (SLACK et al., 1999).

Depois de serem processados na célula, os recursos transformados podem prosseguir para outra célula. De fato, o arranjo físico celular é uma tentativa de trazer alguma ordem para a complexidade de fluxo que caracteriza o arranjo físico por processo (SLACK et al., 1996, p. 214).

A formação de células de produção tem sido tema de inúmeras pesquisas ao longo dos anos. Estudos na área são justificados pela sua relevância no desenho dos sistemas de manufatura, podendo conferir maior flexibilidade de resposta ante exigências do mercado. No processo de implantação de um sistema de manufatura celular, o desenho das células deve ser o objetivo principal, pois definirá a arquitetura do sistema de produção, direcionando indicadores de desempenho dos sistemas produtivos no que tange a qualidade, flexibilidade, volume, custos de produção, confiabilidade e velocidade de entrega.

Abaixo, uma representação de um *layout* celular segundo Tompkins et al., (1996):

Figura 4 - Exemplo de *layout* em célula

Fonte: adaptado de Tompkins et al. (1996)

O *layout* celular adveio da necessidade do *Lean System* de flexibilizar o processo fabril do ponto de vista do fluxo de materiais, como também do ponto de vista operacional. Isto pode ser confirmado por Davis (2003), que atesta a sua similaridade com o *layout* de processo, no sentido de que as células são projetadas para desempenhar um conjunto específico de processos e a sua similaridade com o *layout* de produto no sentido de que as células são dedicadas a determinadas famílias tecnológicas. Desta maneira, as células de manufatura podem ser consideradas como um modelo híbrido, capaz de absorver as melhores características de cada um dos demais tipos de arranjo físico existentes. Suas principais características são:

- Alta flexibilidade para alocação, rodízio e implementação de multifunção da mão-de-obra direta (MOD);
- Facilidade de balanceamento da linha, com melhor aproveitamento dos tempos manuais residuais;
- Eficácia no tratamento de anomalias, com a horizontalização da comunicação e rapidez no acionamento da cadeia de ajuda;
- Possibilidade de produção em pequenos lotes;
- Pequenas distâncias para deslocamento dos recursos produtivos;
- Possibilidade de implantação do controle de qualidade na operação (inspeção na fonte).

Shingo (1996) e Monden (1984), também apontam como vantagens do *layout* celular:

- Pedidos de última hora podem ser atendidos rapidamente;
- Redução de custos (perdas, estoques);
- Maior visibilidade de problemas;
- Melhor aproveitamento do potencial humano;
- Maior competitividade da empresa;
- Menor tempo de processo e setup;
- Menor estoque em processo;
- Trabalho mais eficiente;
- Flexibilidade é a característica chave (reação à demanda do cliente);

#### **2.4.4. Layout por Produto**

De acordo com Slack et al. (1999), neste *layout* os recursos de transformação estão configurados na sequência específica para melhor conveniência do produto ou do tipo de produto.

Para Slack, Chambers e Harrison (2002), o *layout* por produto é vantajoso quando há um grande volume e pouca variedade de produtos. Chase, Jacobs e Aquilano (2006), afirmam que esse *layout* também é denominado como em linha (flowshop) e é arranjado de forma a conformar-se ao máximo possível às necessidades de processamento do produto ou serviço produzido.

Em *layouts* por produtos, os recursos transformadores são localizados de acordo com maior conveniência do recurso sendo transformado. A maneira na qual os processos são arranjados fisicamente definem a sequência do processo, definindo, assim, o seu fluxo e, por este motivo, tornando-o claro e previsível, como aponta Slack et al. (1999).

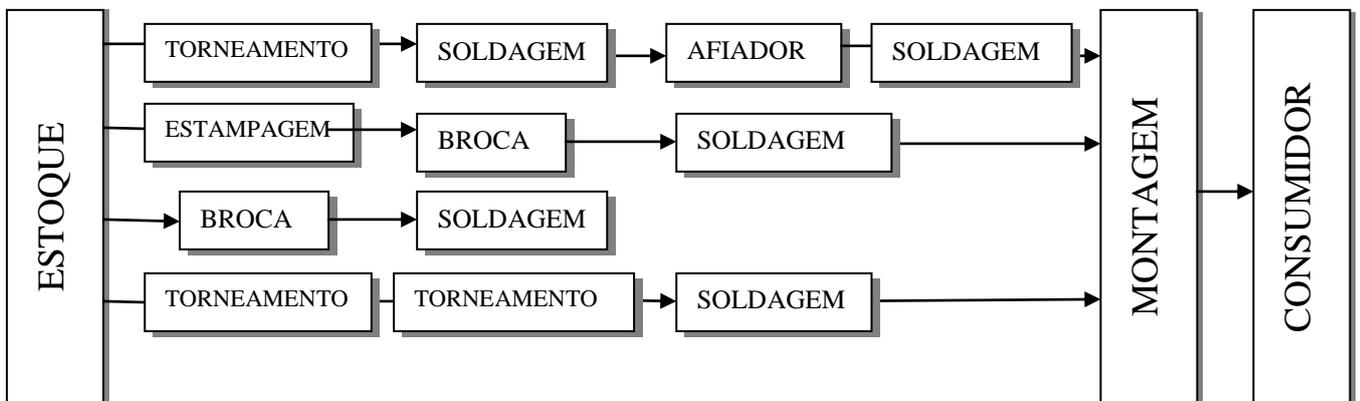
Algumas características do *layout* por produto foram apontadas por Moreira (2002) como sendo:

- Bastante adequado a produtos com alto grau de padronização, grandes quantidades e produzidos de forma contínua;
- Fluxo de materiais através do sistema totalmente previsível, proporcionando a utilização de meios automáticos de manuseio e transporte de material;

- Altos investimentos em capital, devido à presença de equipamentos altamente especializados e projetados para altos volumes;
- Altos custos fixos e, comparativamente, baixos custos unitários de mão de obra e materiais.

Uma representação de *layout* por produto pode ser observado na figura a seguir.

Figura 5 - Exemplo de *layout* por Produto



Fonte: adaptado de Tompkins et al. (1996)

### 2.4.5. Layouts Mistos

Slack et al. (1996) cita que muitas operações utilizam *layouts* mistos, que combinam elementos de alguns ou todos os tipos básicos de arranjos físicos ou, alternativamente, utilizam tipos básicos destes de forma “pura” em diferentes setores da operação.

## 2.5. PLANEJAMENTO DE CÉLULAS DE PRODUÇÃO

A tecnologia de grupo, ou em tradução literal, ordem de classificação por agrupamento, é uma metodologia que define a solução de problemas de *layouts* celulares explorando semelhanças para obter vantagens operacionais e econômicas mediante um tratamento de grupo.

### 2.5.1. Rank Order Clustering

De acordo com King (1980), o algoritmo objetiva o cálculo do peso de cada linha e cada coluna na Matriz de Incidência (Quadro 1), reordenando essa matriz de acordo com esses valores.

O *Rank Order Clustering* (ROC) é um procedimento heurístico e iterativo. Na incidência de elementos de exceção, após a 1ª simulação, estes elementos são identificados e temporariamente removidos. O ROC é, então, reaplicado à matriz, buscando-se obter uma solução chamada estrutura bloco diagonal perfeita (EBD). No caso de gargalos de produção, os equipamentos causadores devem ser duplicados e o algoritmo reaplicado. (KING e NAKORNCHAI, 1982; CHAN e MILNER, 1982; CHU e TSAI, 1990)

Quadro 1 - Matriz de Incidência

	Peça 1	Peça 2	Peça 3	Peça 4	Peça 5	Binário	Ordenar
<b>Maquina 1</b>	0	1	0	1	0	01010	10
<b>Maquina 2</b>	1	0	1	0	0	10100	20
<b>Maquina 3</b>	1	0	0	0	0	10000	16
<b>Maquina 4</b>	0	1	0	1	1	01011	11
<b>Maquina 5</b>	0	0	0	1	1	00011	3
<b>Maquina 6</b>	1	0	1	0	0	10100	20

**Fonte:** Adaptado de King e Nakornchai (1982)

A coluna “binário”, conforme o quadro acima, é obtida através dos valores da coluna “peça”, onde “1” representa que determinada peça é processada pela máquina da linha referente e “0” o contrário e que não há processo entre esta peça em questão e a máquina. Na coluna ordenar, os números binários transformam-se em números arábicos, que definirão a ordem das máquinas de maneira decrescente. Em seguida, o mesmo processo se repete para as peças, e as colunas alinham-se por concatenação formando um binário com os valores em cada linha “máquina”. (BALL e LOVE, 1993; LORINI, 1993)

Quadro 2 - Matriz Estrutura Bloco Diagonal

	<b>Peça 1</b>	<b>Peça 3</b>	<b>Peça 4</b>	<b>Peça 2</b>	<b>Peça 5</b>
<b>Maquina 2</b>	1	1	0	0	0
<b>Maquina 6</b>	1	1	0	0	0
<b>Maquina 3</b>	1	0	0	0	0
<b>Maquina 1</b>	0	0	1	1	0
<b>Maquina 4</b>	0	0	1	1	1
<b>Maquina 5</b>	0	0	1	0	1
<b>Binário “v”</b>	111000	110000	000111	000110	000011
<b>Ordenar “v”</b>	28	24	7	3	3

**Fonte:** Adaptado de King e Nakornchai (1982) Ball e Love (1993)

Segundo Ball e Love (1993), através da Matriz Estrutura Bloco Diagonal é possível visualizar a formação de potenciais células de produção. O Quadro 2 mostra uma possível célula formada pelas máquinas 1, 4 e 5 para as peças 2, 4 e 5; o mesmo ocorre para as máquinas 2, 6 e 3 e para as peças 1 e 3. Entretanto, de acordo com Wemmerlov e Hyer (1986), após o planejamento da célula é necessário conferir, diretamente no local onde a célula será implantada, a existência de possíveis impedimentos físicos e se a sua configuração é exequível, o que implicaria na busca de configurações alternativas ao inicial.

### 3. METODOLOGIA

Na metodologia de pesquisa-ação estão relacionadas as principais etapas para execução do presente trabalho, com informações pertinentes, e algumas das técnicas da metodologia utilizada.

#### 3.1. MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

Na realização deste trabalho, optou-se pela pesquisa-ação, onde ambos pesquisador e equipe, cooperam e participam na resolução do problema (THIOLLENT, 2005).

Objetivou-se através desta metodologia, a formulação de informações, conhecimentos e propostas para estudos futuros. Ainda, procurou-se executar a pesquisa documental através de atividades de observação, reuniões e, assim, formular conceitos entre pesquisador e equipe (THIOLLENT, 1997).

A pesquisa foi executada a partir de uma necessidade identificada pela direção da Instituição de Ensino. Em um primeiro momento foi realizada a coleta de dados para, em seguida, por meio da revisão da literatura, obter o embasamento teórico necessário na orientação das atividades práticas.

Os dados utilizados na realização desta pesquisa foram coletados diretamente no local onde a mesma foi realizada pelo próprio autor. Para medição dos espaços físicos, utilizados para a concepção do *layout*, foi utilizada uma trena métrica. Também se utilizou-se o software *SmartDraw Ci* para executar o desenho do mesmo. O software *SolidWorks* foi utilizado para desenho da peça produzida na célula.

A concepção do *layout*, no que tange a disposição das máquinas, foi concebida através da aplicação do conceito de Rank Order Clustering.

## 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na apresentação e análise dos resultados aplicou-se os conceitos e ferramentas abordados na revisão de literatura. Em um primeiro momento, apresenta-se a instituição de ensino na qual esta pesquisa foi realizada, com uma breve explanação sobre a configuração dos equipamentos citados. Em seguida, utilizando como embasamento teórico a metodologia algorítmica *ROC* e levando em consideração parâmetros de segurança que norteiam a disposição de máquinas, garantindo um ambiente de trabalho seguro, o *layout* celular é proposto e implantado. Ao final, são apontadas algumas vantagens que podem ser obtidas com este tipo de *layout*, bem como os ganhos pós-implantação para a instituição.

### 4.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A FAHOR (Faculdade Horizontina) iniciou suas atividades no ano de 2002, na cidade sede, oferecendo graduação no curso de Engenharia Mecânica. Em 2005, os cursos de bacharelado em Engenharia de Produção e Ciências Econômicas tiveram início, todos oferecendo 50 vagas anuais.

O primeiro prédio da unidade Campus foi inaugurado no dia 18 de fevereiro de 2006. Situa-se em Esquina Eldorado, próximo à cidade, e abriga oficinas, laboratórios, auditório, salas de aula, biblioteca e salas administrativas. No ano de 2008, foi inaugurado o prédio do Curso de Engenharia de Produção, prédio no formato da Rosa de Lutero, que abriga as salas de aula para o curso da Engenharia de Produção. Em 2012 foi inaugurado mais um prédio, também no formato da Rosa de Lutero, onde estão alocadas as salas de aulas do curso de Engenharia Mecânica.

Em agosto de 2014 iniciaram-se as aulas do curso de Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação, sendo este pioneiro na região.

A Instituição possui, em termos de infraestrutura, laboratório de informática moderno, internet wireless em todo o campus, laboratórios de estudo com máquinas e equipamentos adequados, uma biblioteca com amplo acervo de livros e revistas, salas de estudo e salas de aula em formato de auditório. Ainda, incentiva e participa de competições como o Baja, onde é referência na modalidade no estado do Rio Grande do Sul, e o Aerodesign, ambos organizados pela SAE (*Society of Automotive*

*Engineers*). Ainda a empresa dispõe da Tendências Consultoria e Assessoria Jr, pioneira na região Noroeste do Rio Grande do Sul, na qual acadêmicos do curso de Economia têm a oportunidade de obter capacitação prática nas modalidades do curso através de consultorias prestadas sem fins lucrativos, fomentando o desenvolvimento das empresas da região.

Atualmente, a FAHOR conta com mais de 500 alunos matriculados.

#### **4.1.2 Laboratório de Conformação Mecânica e Usinagem**

O Laboratório de Conformação Mecânica e Usinagem (LaCMU) objetiva o desenvolvimento de pesquisas tecnológicas aplicadas aos processos convencionais e não convencionais de conformação mecânica e usinagem, com ênfase na solução de problemas diretos do chão de fábrica.

São realizados no LaCMU serviços de: medição, traçagem, corte, torneamento, fresamento, esmerilhamento, limagem, furação, alargamento, roscamento, prensagem, dobramento, curvamento, montagem e desmontagem, que atendem atualmente às disciplinas de: Processos de Fabricação I, II e III e Prática de Mecânica.

A seguir (Quadro 3) a relação de equipamentos disponíveis no LaCMU:

Quadro 3 - Relação de Equipamentos do LaCMU

Item	Equipamento	Quant.
1	Torno Automático CNC	1
2	Fresadora Universal	1
3	Fresadora Ferramenteira	2
4	Serra de Fita Horizontal	1
5	Compressor de Ar	1
6	Torno Mecânico Horizontal	10
7	Serra de Fita Vertical	1
8	Furadeira Fresadora	3
9	Furadeira de Coluna de Piso	2
10	Moto Esmeril	2
11	Prensa Hidráulica Manual	1
12	Calandra para Tubos	1
13	Tesoura de Bancada	1
14	Mesa de Traçagem	2
15	Bancada de Trabalho Sextavada com Morsas e Gavetas	4
16	Bancada de Trabalho com Morsa e Gavetas	1
17	Carrinho com Ferramentas	6
18	Escrivaninha	3
19	Cadeira	2
20	Prateleira	3
21	Carrinho com Acessórios para Fresadoras	1
22	Armário para Ferramentas e Instrumentos	1
23	Painel de Ferramentas	1
24	Bancada com Morsa e Bigorna	1
25	Quadro Branco	2
26	Extintor de Incêndio	4

**Fonte:** obtido da empresa pesquisada.

#### 4.2. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL

O laboratório de Conformação Mecânica e Usinagem da Faculdade Horizontina possui, atualmente, máquinas de usinagem, entre outras, que são utilizadas nos cursos de graduação e técnico em mecânica. As máquinas estavam, em sua totalidade, dispostas de maneira funcional, ou seja, os tornos localizados todos juntos ocupando a mesma área, e assim para as fresadoras, furadeiras e outras.

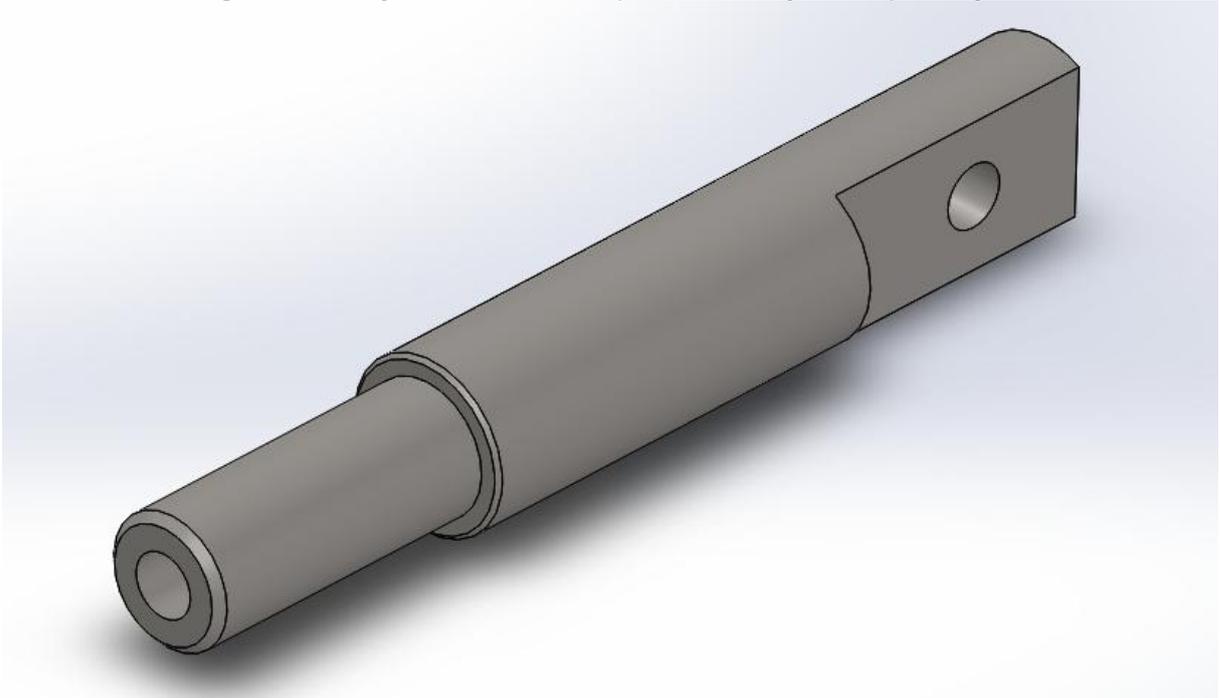
Diante desta situação, coincidindo com o início dos cursos de especialização em *Lean Manufacturing* e Sistemas de Qualidade e o existente curso de bacharelado em Engenharia de Produção, adveio a necessidade da implantação de um *layout* celular. A direção da Instituição e corpo docente identificou a necessidade deste laboratório como uma ferramenta de apoio pedagógico de grande valia, pois forneceria o alicerce empírico ao conhecimento teórico acerca de *layouts*, balanceamento de linha e processos produtivos, proporcionando aos alunos exemplificação prática do que é ensinado em sala de aula.

#### 4.3. DEFINIÇÃO DO ITEM A SER PRODUZIDO NA CÉLULA

Para ser possível a aplicação da metodologia ROC é necessário definir o(s) item(ns) a ser(em) produzido(s) na célula que se pretende implantar. Como esta implantação ocorre em um laboratório de uma Instituição de Ensino não há, portanto, uma produção, caracterizada, de um item definido e as peças são desenvolvidas de acordo com a necessidade pedagógica definida pelos professores de maneira a atender o conteúdo programático das suas disciplinas. Sendo assim, em decisão tomada em conjunto com o orientador desta pesquisa e docente na referida Instituição, decidiu-se pela elaboração de um item de simples fabricação e que compreendesse as atividades mais relevantes na aprendizagem de processos de conformação mecânica e usinagem, podendo este ser utilizado de modelo para aulas práticas da disciplina.

Com esta premissa, desenvolveu-se o item mostrado a seguir (Figura 6), utilizando o software de modelação 3D SolidWorks.

Figura 6 - Peça desenvolvida para simulação de produção



**Fonte:** elaborado pelo autor.

#### 4.4. DIAGNÓSTICO DA PRODUÇÃO ATUAL

Seguindo o conceito de produção em arranjos físicos por processo, a produção do item acima mencionado ocorre através de produção em lotes. O item passa pelo primeiro processo, a fresadeira, e a medida que o processo é desenvolvido é gerado um lote de peças processadas. Estas, ao atingir o número de peças do lote, são transportadas para o próximo processo, e assim por diante.

As fotos a seguir retratam o processo acima descrito.

Peças em processo de fresamento em lote:

Figura 7 - Item na fresadeira, produção em lote



Fonte: elaborado pelo autor

Em seguida, o lote de peças passa para a etapa seguinte, a furadeira.

Figura 8 - Processo na Furadeira, produção em lote



Fonte: elaborado pelo autor

Finalizando, as peças em lote passam para o último processo, realizado no torno.

Figura 9 - Processo no torno, produção em lote



Fonte: elaborado pelo autor

#### 4.5. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA ROC

Para produção do item “eixo” é necessário que este passe pelas seguintes máquinas de usinagem: fresadora universal, furadeira de coluna e torno mecânico. Sendo assim, a matriz ROC foi aplicada (Tabela 1) e obteve-se os seguintes resultados.

Tabela 1 - Matriz de Incidência

	Item 1	Binário	Ordenar
Torno Automático CNC	0	0	-
Fresadora Universal	1	1	3
Fresadora Ferramenteira	0	0	-
Serra de Fita Horizontal	0	0	-
Torno Mecânico Horizontal	1	1	3
Serra de Fita Vertical	0	0	-
Furadeira Fresadora	0	0	-
Furadeira de Coluna de Piso	1	1	3
Moto Esmeril	0	0	-
Prensa Hidráulica Manual	0	0	-
Calandra para Tubos	0	0	-

**Fonte:** elaborado pelo autor

Em seguida, os equipamentos foram ordenados de acordo com o número arábico obtida da transformação binário x arábico, em ordem decrescente. Deste, surgiu a Tabela abaixo:

Tabela 2 - Matriz Estrutural Bloco Diagonal

	Item 1
Fresadora Universal	1
Torno Mecânico Horizontal	1
Furadeira de Coluna de Piso	1
Torno Automático CNC	0
Fresadora Ferramenteira	0
Serra de Fita Horizontal	0
Serra de Fita Vertical	0
Furadeira Fresadora	0
Moto Esmeril	0
Prensa Hidráulica Manual	0
Calandra para Tubos	0
Binário "v"	1110000000
Ordenar "v"	1792

**Fonte:** elaborado pelo autor

Constatou-se, portanto, que a célula para produção do item XX deverá ser formado pelos equipamentos: fresadora universal, torno mecânico horizontal e furadeira de coluna de piso.

Uma segunda análise foi realizada, levando em conta os equipamentos e os processos pelo qual o item deve passar para atingir a forma desejada.

Em sua produção, foi identificado um gargalo no processo de tornearia. Buscando balancear a produção da peça na célula, a solução encontrada foi a de duplicar a máquina torno e, então, conforme consta nas literaturas pesquisadas, reaplicar a metodologia *ROC*, à qual encontra-se a seguir:

Tabela 3 - Matriz de Incidência

	Item 1	Binário	Ordenar
Torno Automático CNC	0	0	-
Fresadora Universal	1	1	3
Fresadora Ferramenteira	0	0	-
Serra de Fita Horizontal	0	0	-
Torno Mecânico Horizontal	1	1	3
Torno Mecânico Horizontal	1	1	3
Serra de Fita Vertical	0	0	-
Furadeira Fresadora	0	0	-
Furadeira de Coluna de Piso	1	1	3
Moto Esmeril	0	0	-
Prensa Hidráulica Manual	0	0	-
Calandra para Tubos	0	0	-

**Fonte:** elaborado pelo autor.

E a aplicação da Matriz Estrutural Bloco Diagonal, conforme Tabela a seguir:

Tabela 4 - Matriz Estrutural Bloco Diagonal

	Item 1
Fresadora Universal	1
Torno Mecânico Horizontal	1
Torno Mecânico Horizontal	1
Furadeira de Coluna de Piso	1
Torno Automático CNC	0
Fresadora Ferramenteira	0
Serra de Fita Horizontal	0
Serra de Fita Vertical	0
Furadeira Fresadora	0
Moto Esmeril	0
Prensa Hidráulica Manual	0
Calandra para Tubos	0
Binário "v"	11100000000
Ordenar "v"	1920

**Fonte:** elaborado pelo autor

Na reaplicação da matriz, considerando dois processos executados no torno mecânico horizontal, o equipamento é duplicado e cada processo é considerado separadamente. Desta forma, a matriz indica que a configuração ideal da célula é composta por não apenas um, mas dois tornos, eliminando o gargalo devido ao duplo processo sofrido pela peça durante sua produção. Fica, portanto, definido que o arranjo físico conterá: dois tornos mecânicos horizontais, uma fresadora universal e uma furadeira de coluna de piso.

#### 4.6. DEFINIÇÃO DO LAYOUT CELULAR

Após a aplicação do método de agrupamento *ROC*, o arranjo físico da célula de trabalho pode ser definido. Abaixo, algumas imagens do laboratório antes da realização desta pesquisa (Figuras 7, 8 e 9), onde fica clara a caracterização de *layout* funcional, pois máquinas semelhantes estão agrupadas. Como abordado na revisão de literatura, este tipo de *layout*, apesar de vantajoso onde há uma expressiva variabilidade dos itens produzidos, implica em um longo percurso percorrido pela peça durante o processo transformador, o que se traduz em perdas, fosse esta uma indústria do ramo metalúrgico, devido à distância dos equipamentos entre si.

Na figura a seguir há a Furadeira de Coluna de Piso, que estava agrupada com demais equipamentos da mesma família:

Figura 10 - Furadeira de Coluna de Piso



**Fonte:** elaborado pelo autor

Os tornos seguiam o mesmo princípio, e encontravam-se agrupados e dispostos em duas filas duplas de 4 máquinas:

Figura 11 - Torno Mecânico Horizontal



Fonte: elaborado pelo autor

A Fresadora estava alocada em frente aos tornos, e ao lado das bancadas e painéis de ferramentas:

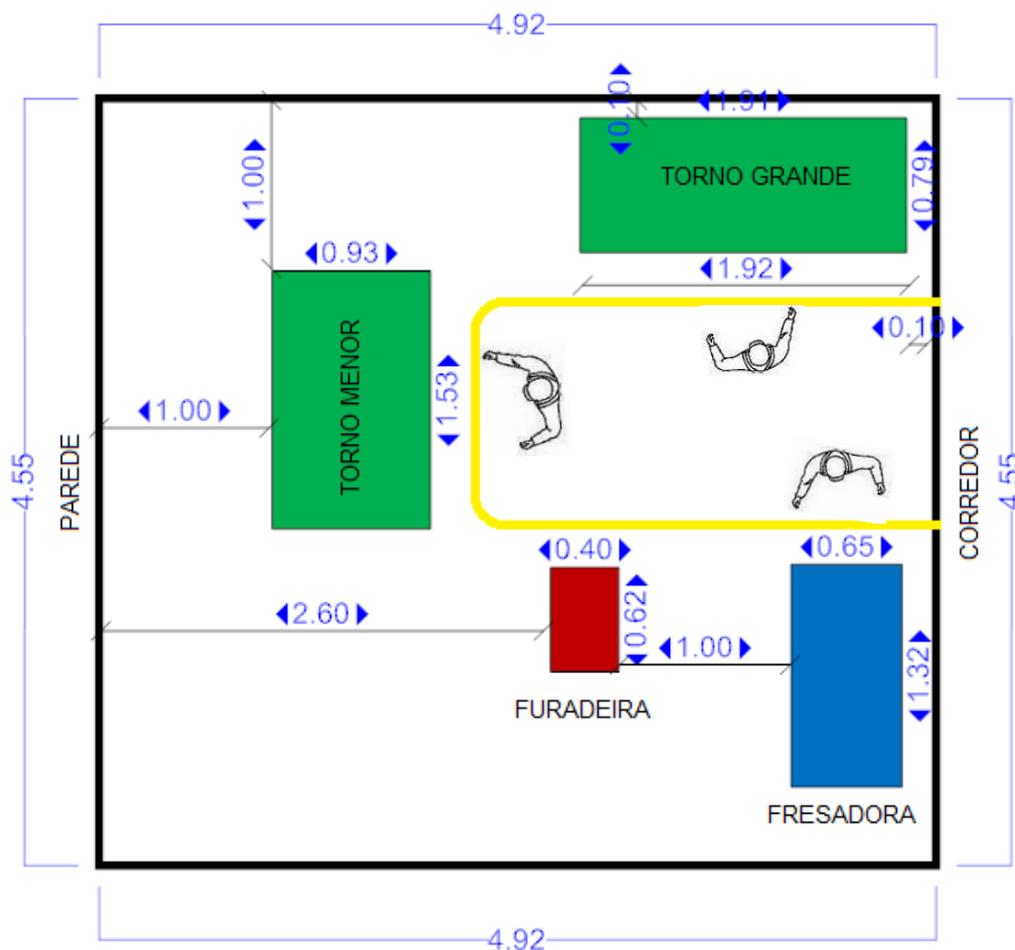
Figura 12 - Fresadora Universal



Fonte: elaborado pelo autor

A proposta é de um layout celular em formato “U”, abrangendo as 4 máquinas apontadas pelo *ROC* como a configuração ideal. Para a elaboração do mesmo, foram considerados fatores como o espaço físico disponível e questões de segurança relacionadas ao distanciamento entre equipamentos. Após análise, chegou-se ao seguinte resultado (Figura 13):

Figura 13 - Layout Celular



Fonte: elaborado pelo autor

Foram agrupadas as máquinas: fresadora e furadeira alinhadas, enquanto o torno maior está posicionado oposto a estes; o torno menor foi alocado contra a

parede lateral do laboratório, salientando que foi respeitada a distância de segurança de 1 metro entre equipamento e parede.

#### **4.5.1 Implantação do Layout Celular**

O processo de implantação do arranjo físico proposto teve início com a movimentação das máquinas para os lugares determinados anteriormente. Esta realocação de equipamentos foi feita de maneira manual por professores, autor do trabalho e auxiliares de laboratório.

As máquinas, que ainda estavam em sua cor verde ocre original, já desgastada pelo tempo, foram totalmente limpas e, em seguida, pintadas nas cores da instituição de ensino. As demarcações amarelas no chão, delimitando a área da célula e o espaço de movimentação dos operadores, foram devidamente demarcadas por empresa contratada.

O resultado final pode ser observado na Figura 14.

Figura 14 - Célula de trabalho do Laboratório de Estudo



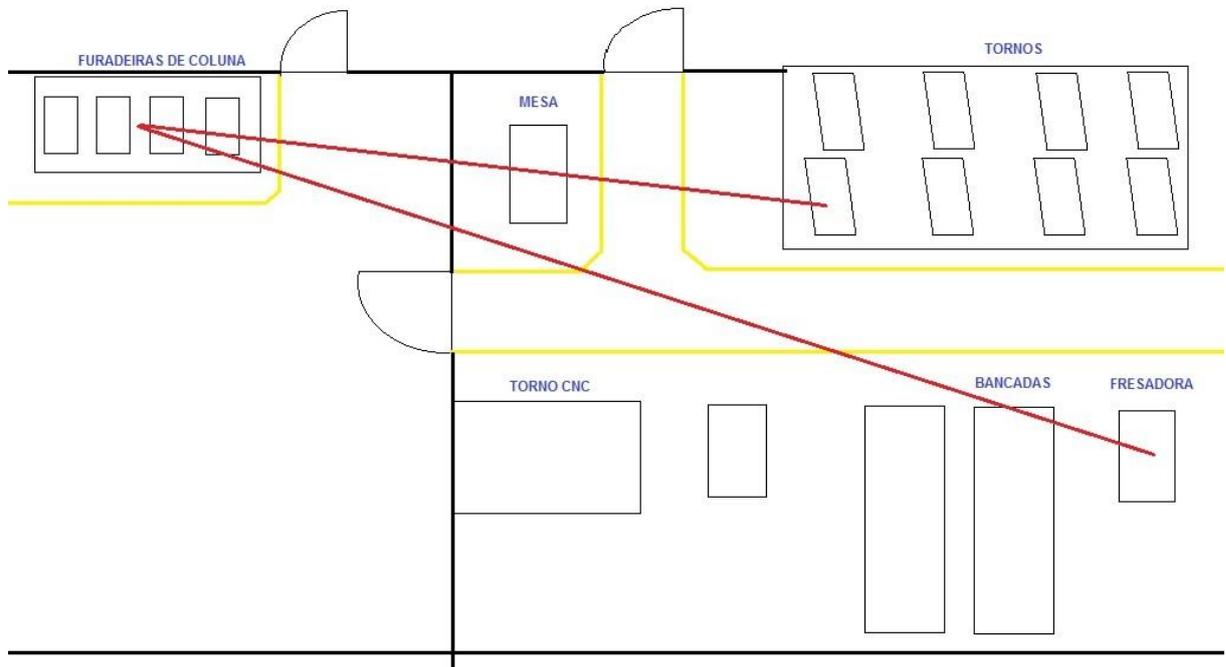
**Fonte:** elaborado pelo autor

#### 4.7. FLUXO DO PROCESSO

Definido o arranjo físico celular em formato “U”, o próximo passo foi simular a produção do item “eixo”, também previamente definido. A execução e sequenciamento dos processos seguiu a proposição da célula, evidenciando o ganho que há com o planejamento de layout em processos fabris. O fluxo de produção segue um caminho lógico e racional, haja vista que o “processo seguinte” a ser realizado na peça é sempre feito no equipamento ao lado, evitando transportes desnecessários da peça. Neste momento fica evidente a importância de um bom balanceamento da célula para atingir resultados esperados. Os processos, se não corretamente balanceados, geram estoques intermediários no processo, ocasionando máquina(s) ociosa(s) ou sobrecarregada(s).

As imagens a seguir demonstram o fluxo do processo do item antes e após a implantação do layout celular.

Figura 15 - Fluxo do Processo Layout Funcional

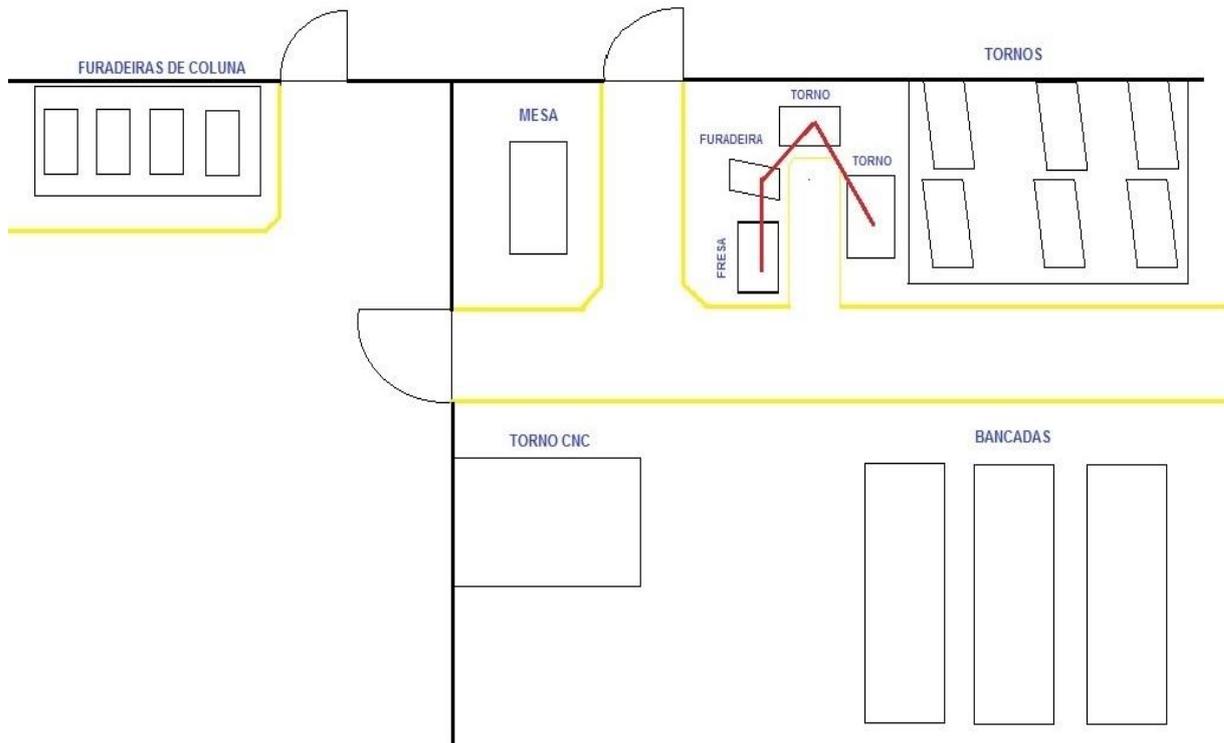


Fonte: elaborado pelo autor

Conforme mostra a Figura 15, a produção do lote do item inicia-se na furadeira de coluna. Em seguida, passa para o processo de fresagem e é finalizado nos tornos. O caminho percorrido pelo item é longo, um total de 23 metros entre a primeira e última etapa, ocasionando em grande perda por transporte. Além disso é confuso, pois não apresenta um fluxo racional de processo.

Após a implantação do layout celular, o fluxo de processo do item ocorre de acordo com a Figura 16.

Figura 16 - Fluxo de Processo Layout Celular



**Fonte:** elaborado pelo autor.

Observa-se na Figura 13 que, apesar da sequência de processos permanecer a mesma, o novo arranjo físico das máquinas, em layout celular formato “U”, favorece a manufatura do item. O item percorre, agora, apenas 3 metros entre primeira e última etapa de fabricação.

Com as máquinas posicionadas lado a lado, diminui-se o transporte de material e, conseqüentemente, a ineficiência do processo, tornando-o mais enxuto.

A manufatura da peça foi realizada na prática, conforme Figuras apresentadas a seguir.

A primeira operação, conforme representação do fluxo do processo, é a fresa, constituída de uma operação:

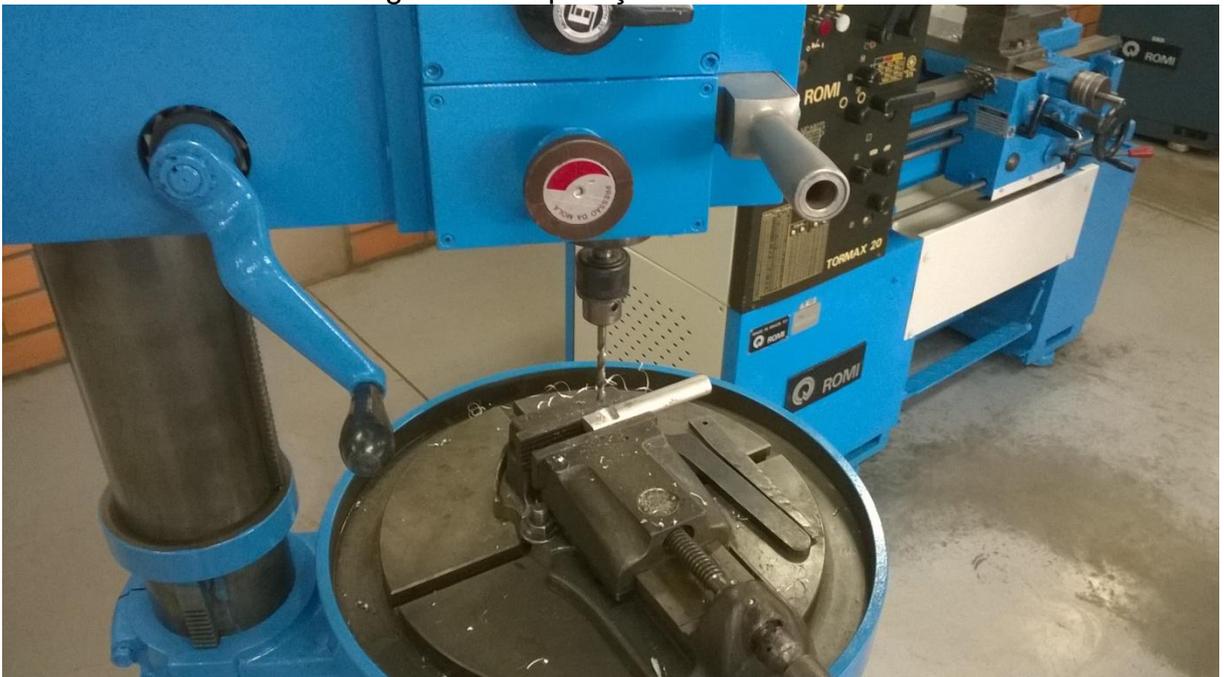
Figura 17 - Operação na Fresadora



Fonte: elaborado pelo autor.

Em seguida, a peça segue para a Furadeira, onde é executado um furo na face fresada:

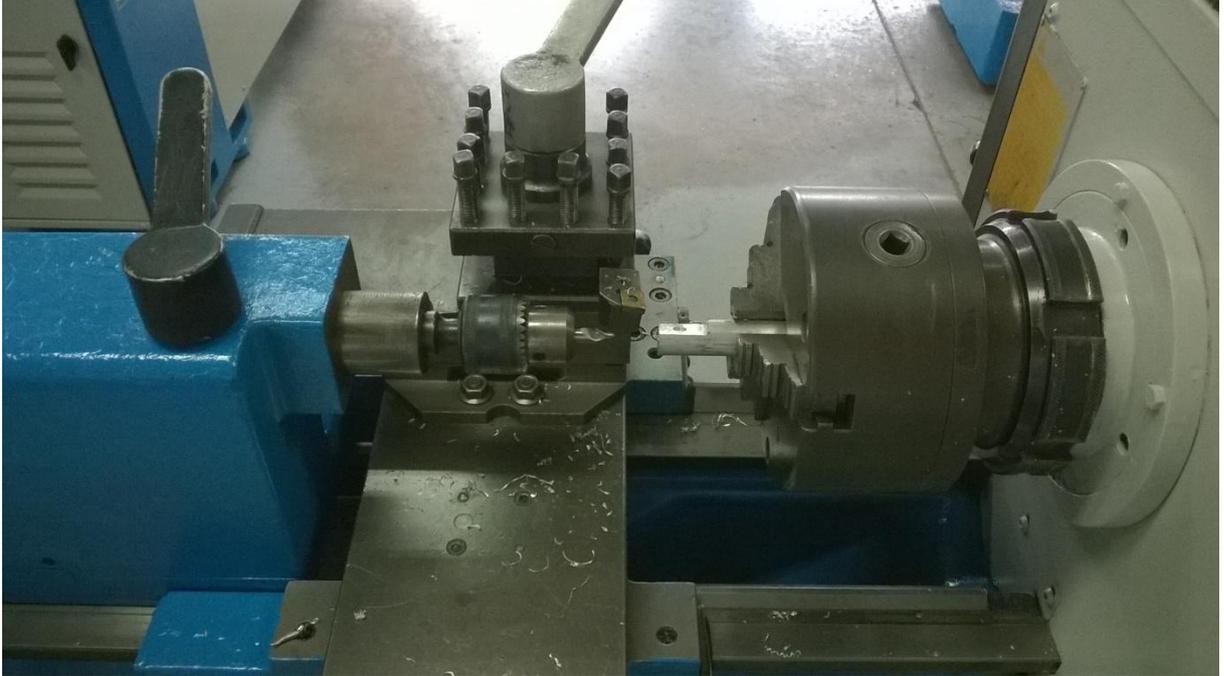
Figura 18 - Operação na Furadeira



Fonte: elaborado pelo autor.

O processo de manufatura do item é encerrado com duas operações no torno. Primeiramente, um furo no sentido longitudinal da peça, no lado da face fresada:

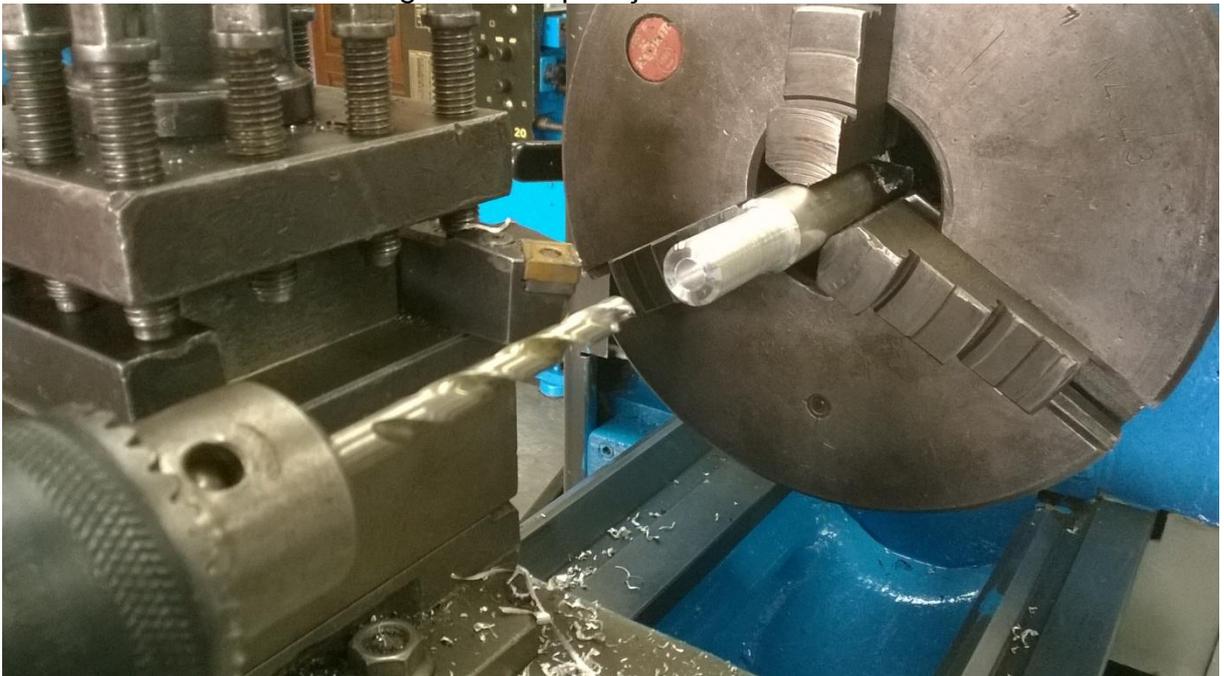
Figura 19 - Operação no Torno 1



Fonte: elaborado pelo autor.

E por último, uma cavidade e um torneamento paralelo externo, finalizando o item:

Figura 20 - Operação no Torno 2



Fonte: elaborado pelo autor

Com a execução do procedimento de manufatura na prática, pode-se comprovar o bom funcionamento da célula. O balanceamento de produção demonstrou-se correto com a utilização dos dois tornos, eliminando um possível gargalo de produção que havia sido detectado na etapa de aplicação do *ROC*.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um cenário de alta competitividade, onde empresas buscam profissionais cada vez mais capacitados, Instituições de Ensino devem perseguir, constantemente, renovações e evoluções em seus métodos de ensino. A busca pelo profissional graduando que pôde aliar conhecimentos empíricos e teóricos durante sua jornada acadêmica é uma realidade presente e, no entanto, pouco encontrada. Desenvolver métodos que auxiliem o aprendizado na prática deve, portanto, ser norte na caminhada em direção à excelência de Instituições de Ensino Superior.

Tipos e implantações de *layouts* é tema recorrente entre empresas, que buscam aprimorar seu processo produtivo. Para isso, precisam de engenharia que seja capaz de analisar e interpretar cada caso em particular, definindo a melhor opção em termos de arranjo físico para cada empresa, oferecendo ganhos em eficiência que se traduzem em vantagens competitivas.

A proposta deste trabalho foi a implantação de um *layout* celular em um laboratório de estudo de uma faculdade, evidenciando as características deste tipo específico de arranjo físico, suas etapas de implantação, e as vantagens que este apresenta no que tange o fluxo do processo.

O primeiro objetivo específico deste trabalho foi o acolheramento de referencial teórico acerca do assunto. O segundo objetivo foi apresentar a situação atual do referido laboratório de estudo, identificando o arranjo físico predominante. Na sequência, foi aplicada a metodologia *Rank Order Clustering* para encontrar a configuração ideal de célula de trabalho para produção de determinado item. Um *layout* celular foi proposto e implantado, destacando as vantagens deste sistema na produção do selecionado item comparado ao sistema anterior.

Salienta-se, ainda, a importância desta pesquisa na formação profissional e acadêmica do autor, pois foi abordado um tema extremamente pertinente ao campo de estudo da Engenharia de Produção, porém pouco difundido, que é o uso do *ROC* na formação de células de trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, L. C. G. de, **Organização, Sistemas e Métodos e as Modernas Ferramentas de Gestão Organizacional**. São Paulo: Atlas, 2001.

**BALL, P. D.; LOVE, D. M. A Prototype Advanced Factory Simulator: advances in manufacturing technology. In: VII. Proceedings of the Ninth National Conference on Manufacturing Research, Bath, UK: 77-81. 1993. Disponível em:** <http://www.dmem.strath.ac.uk/csm/Peter/Industry/pbafs.htm>. Acesso em: 12 jun. 2006.

BARBOSA, R. L. L. (Org.). **Formação de educadores: desafios e perspectivas**. São Paulo: UNESP, 2003.

CHAN, H. M.; MILNER, D. A. Direct clustering algorithm for group formation in cellular manufacture. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 1, n. 1, p. 65-75, 1982.

CHASE, R. B. JACOBS, R. F. AQUILANO, N. T. **Administração da produção para a vantagem competitiva. 10 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.**

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da Administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

CHU, CH.; TSAI, M. A comparison of three array-based clustering techniques for manufacturing cell formation. **The International Journal Of Production Research**, v. 28, n. 8, p. 1417-1433, 1990.

DAVIS, MARK M. **Fundamentos da administração da produção**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

**HEPFNER, R. Planejamento de layout: estudo de caso em um laboratório metalúrgico. Trabalho de Diplomação (graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em:** [http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/243\\_TD2\\_%20Rafael%20Hepfner\\_vfinal.doc](http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/243_TD2_%20Rafael%20Hepfner_vfinal.doc). Acesso em: 26 jun. 2010.

**KING, J. R. Machine-component Grouping in Production Flow Analysis: an approach using a rank order clustering algorithm. International Journal of Production Research, vol 18, n.2, p. 213-232, 1980.**

KING, J. R.; NAKORNCHAI, V. Machine-component group formation in group technology: review and extension. **The International Journal of Production Research**, v. 20, n. 2, p. 117-133, 1982.

**KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P. Operations Management. Addison Wesley, 1999.**

LAUGENI, F. P.; MARTIN, P. G. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2005.

**LORINI, F. J. Tecnologia de Grupo e Organização da Manufatura. Florianópolis: Editora da UFSC, 1993.**

**MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P.** Administração da Produção. São Paulo: Saraiva, 1999.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P., **Administração da Produção**. 2ª ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

**MOREIRA, D. A.** Administração da produção e operações. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

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

**SLACK, N.; CHAMBERS. S.; JOHNSTON. R.** Administração da Produção. Trad. de M. T. C. de Oliveira; F. Alher. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

**SLACK, et al.** Administração da produção. São Paulo: Atlas, 1999.

**THIOLLENT, M.** Metodologia da pesquisa-ação. 14. ed. São Paulo: Cortez, 2005.

**THIOLLENT, M.** Pesquisa-ação nas organizações. São Paulo: Atlas, 1997.

**TOMPKINS, J.A, et al.** Facilities Planning. John Wiley & Sons, 1996.

**SHINGO, S.** O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

**MONDEN, Y.** Sistema Toyota de Produção. São Paulo: IMAM, 1984.

**WEMMERLÖV, U.; HYER, N. L.** Procedures for the part family/machine group identification problem in cellular manufacturing. **Journal of Operations Management**, v. 6, n. 2, p. 125-147, 1986.