

UNIVERSIDADE DO OESTE DE SANTA CATARINA - UNOESC  
*CAMPUS JOAÇABA*  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, EXTENSÃO E PÓS-GRADUAÇÃO  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
SEGURANÇA DO TRABALHO

AIRTON CAMPANHOLA BORTOLUZZI

**IMPLANTAÇÃO DE UM LABORATÓRIO DE USINAGEM EM UMA  
INSTITUIÇÃO DE ENSINO ATRAVÉS DO ESTUDO DE LEIAUTE  
- UM ESTUDO DE CASO**

Joaçaba  
2011

AIRTON CAMPANHOLA BORTOLUZZI

**IMPLANTAÇÃO DE UM LABORATÓRIO DE USINAGEM EM UMA  
INSTITUIÇÃO DE ENSINO ATRAVÉS DO ESTUDO DE LEIAUTE  
- UM ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Segurança do Trabalho, do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, da Universidade do Oeste de Santa Catarina, *Campus* de Joaçaba.

Orientador: professor Luiz Fernando Rohenkohl.

Joaçaba  
2011

AIRTON CAMPANHOLA BORTOLUZZI

**IMPLANTAÇÃO DE UM LABORATÓRIO DE USINAGEM EM UMA  
INSTITUIÇÃO DE ENSINO ATRAVÉS DO ESTUDO DE LEIAUTE  
- UM ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Segurança do Trabalho, do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, da Universidade do Oeste de Santa Catarina, *Campus* de Joaçaba.

Aprovado em Outubro de 2011

BANCA EXAMINADORA

---

Professor Luiz Fernando Rohenkohl - Orientador

Dedico este trabalho a minha dedicada esposa  
e companheira de todas as horas.

## AGRADECIMENTOS

Aos colegas professores de mecânica do IFRS *Campus* Erechim, os quais participaram diretamente desse trabalho: Arlan Pacheco Figueiredo, Alisson Dalsasso Corrêa de Souza, Daniel Pires Nunes, João Rogério Machado Pereira, José Antonio Sala, Júlio Cesar dos Santos, Luciano Aparecido Kempski e Serguei Nogueira da Silva.

Ao professor e orientador desse trabalho, professor Luiz Fernando Rohenkohl, pela orientação e auxílio em todos os momentos que solicitei.

Aos engenheiros Iuri e Luís Felipe da RW Engenharia, que auxiliaram com suas experiências na área de segurança do trabalho.

À UNOESC, onde este trabalho começou.

Ao IFRS *Campus* Erechim por oportunizar este estudo e as alterações propostas na implantação dos laboratórios de mecânica.

“Nada mais difícil de manejar, mais perigoso de conduzir, ou de mais incerto sucesso, do que liderar a introdução de uma nova ordem de coisas. Pois o inovador tem contra si todos os que se beneficiavam das antigas condições e apoio apenas tímido dos que se beneficiarão com a nova ordem.”

(Nicolau Maquiavel, 1459-1527)

## RESUMO

O presente trabalho visa abordar a questão da segurança, através do estudo do leiaute mais adequado para as atividades de um laboratório de usinagem convencional dos cursos da área de mecânica em uma instituição de ensino, envolvendo as instalações, máquinas e equipamentos que serão utilizados para o processo de ensino-aprendizagem, propiciando a formação de profissionais que poderão atuar e disseminar esses conhecimentos nos mais diversos ambientes de trabalho, promovendo a segurança do trabalho e conseqüente melhoria na qualidade de vida. Importante ressaltar que este estudo tem enfoque educacional, isto é, não se baseia nos aspectos produtivos como pontos determinantes. Assim, tomou-se como estudo de caso o laboratório de usinagem convencional do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul *Campus* Erechim. O leiaute estudado e proposto foi implantado e avaliado, o que permitiu obter resultados mais precisos e condizentes com a realidade das variáveis deste estudo.

**Palavras Chave:** leiaute, laboratório de usinagem, segurança do trabalho.

## ABSTRACT

*This paper aims to address the issue of safety studying the layout more suitable for the activities of a conventional milling lab courses in the area of mechanics in a teaching institution, involving the plant, machinery and equipment to be used for teaching-learning process, enabling the formation of professionals who can act and disseminate this knowledge in various work environments, promoting workplace safety and thus improve the quality of life. Importantly, this study has educational approach, that is not based on productive aspects as crucial points. Thus, we have taken as a case study of conventional milling the laboratory of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio Grande do Sul Erechim Campus. The layout proposed has been studied and implemented and evaluated, allowing more accurate results and consistent with the reality of the variables in this study.*

**Key words:** *layout, milling laboratory, safety*

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES E TABELAS**

Figura 1 - Relação entre processos de manufatura e tipos básicos de leiaute.....	21
Figura 2 - Leiaute inicialmente projetado com as máquinas e equipamentos previstos.....	28
Figura 3 - Leiaute inicialmente projetado com distâncias entre as máquinas e equipamentos.....	29
Figura 4 - Leiaute proposto número 1.....	31
Figura 5 - Leiaute proposto número 2.....	31
Figura 6 - Leiaute proposto número 3.....	32
Figura 7 - Leiaute proposto número 4.....	32
Figura 8 - Leiaute proposto número 5.....	33
Figura 9 - Leiaute definido para implantação.....	36
Quadro 1 - Dimensões previstas no projeto inicial e os especificados pelos fabricantes, assim como as quantidades revisadas para atender melhor as necessidades dos cursos na área.....	29
Quadro 2 - Aspectos positivos e negativos dos leiautes propostos.....	33
Quadro 3 - Aspectos positivos e negativos do leiaute definido para implantação.....	37
Tabela 01 - Vantagens e desvantagens nos quatro tipos de leiaute.....	21

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAM - *Computer Aided Manufacturing* - em português: manufatura auxiliada por computador

CNC - Comando Numérico Computadorizado

IFRS - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul

MPAS - Ministério da Previdência e Assistência Social

MTE - Ministério do Trabalho e Emprego

NR - Norma Regulamentadora

## 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 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>15</b>
3.1 TIPOS DE LEIAUTE.....	16
3.1.1 <b>Leiaute Posicional</b> .....	16
3.1.2 <b>Leiaute por Processo</b> .....	17
3.1.3 <b>Leiaute Celular</b> .....	18
3.1.4 <b>Leiaute por Produto</b> .....	18
3.2 SELEÇÃO DE LEIAUTE OU ARRANJO FÍSICO.....	20
3.2.1 <b>Leiaute escolhido</b> .....	22
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>23</b>
<b>5. DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS.....</b>	<b>24</b>
5.1 ANTECIPAÇÃO E RECONHECIMENTO DOS RISCOS E INTERFACES DE SEGURANÇA DE UM LABORATÓRIO USINAGEM CONVENCIONAL.....	24
5.1.1 <b>Características e riscos operacionais das máquinas, equipamentos e instalações</b> ... 25	25
5.1.2 <b>Diretrizes para estudo do leiaute</b> .....	26
5.2 ESTUDO DO LEIAUTE DAS INSTALAÇÕES DO LABORATÓRIO DE USINAGEM CONVENCIONAL.....	27
5.2.1 <b>Projeto contratado: leiaute inicial</b> .....	27
5.2.2 <b>Estudo dos leiautes propostos</b> .....	30
5.2.3 <b>Definição do leiaute para implantação</b> .....	35
5.3 AVALIAÇÃO DO LEIAUTE IMPLANTADO.....	37
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>38</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>39</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>40</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As indústrias do ramo metal-mecânico apresentam índices de acidentes bastante relevantes (8,41% do total nacional de acidentes e 19,21% dos setores industriais, considerando os setores: Fabricação de produtos de metal, 2,33%; Fabricação de máquinas e equipamentos, 2,55%; Fabricação de veículos e equipamentos de transporte, 3,53%, conforme dados do MPAS, 2009) em função das características de suas atividades, principalmente em decorrência da utilização de máquinas, equipamentos e ferramentas com elevado potencial para causar danos aos operadores. Além das proteções necessárias, há de se observar a suma importância do conhecimento desses riscos e dos procedimentos operacionais seguros, os quais devem ser proporcionados através de treinamentos e capacitações.

Segundo a última estatística divulgada pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE, 2001), em 2001 foram registrados 325.578 acidentes de trabalho, dos quais 3.952 ocorreram na área de ensino, ou seja, 1,21% dos acidentes ocorridos no Brasil, além de 19 óbitos no mesmo setor. Desses, 2.500 acidentes e 8 óbitos se deram no ensino superior, representando 63,26% e 42,11%, respectivamente, em relação à área de ensino.

Diante desses números, percebe-se que número de acidentes é elevado, principalmente considerando o número de horas-aula práticas com relação ao total de formação dos cursos. Como possíveis causas, podem-se elencar algumas hipóteses, tais como a falta de identificação, avaliação e controle dos riscos nos ambientes educacionais e falhas na formação dos professores e orientação dos alunos, pois falta educação e treinamentos eficientes sobre segurança, mesmo na área de ensino. Sendo que esses são reflexos da falta de atenção à área de segurança, principalmente na formação de profissionais que farão o desenvolvimento de máquinas e equipamentos, bem como a gestão dos processos nas fábricas e indústrias, onde ocorrem praticamente um terço dos acidentes no país.

Analisando-se as máquinas e equipamentos utilizados para atividades de ensino-aprendizagem, percebe-se que, atualmente, os mesmos não são adaptados ao uso acadêmico. Somado a isso, temos os alunos sem experiência e inicialmente desconhecedores dos riscos e possíveis acidentes que podem sofrer ou gerar em decorrência do mau uso ou falha na operação das máquinas e ferramentas disponíveis ao aprendizado nas disciplinas práticas dos cursos da área de mecânica.

Em se tratando da aprendizagem, seja através de capacitações e qualificações, em instituição de ensino, tem-se a oportunidade de subsidiar aqueles que serão operadores,

manutentores (responsáveis pela manutenção), supervisores, projetistas, entre outros, para atuarem de forma objetiva para promoção da segurança e prevenção de acidentes de trabalho.

Atualmente não há máquinas e equipamentos mecânicos completamente adaptados ao uso acadêmico no que se refere à segurança dos usuários. Somado a isso, temos os alunos sem experiência e desconhecedores dos riscos e possíveis acidentes que podem sofrer ou gerar em decorrência do mau uso ou falha na operação das máquinas e ferramentas disponíveis ao aprendizado nas disciplinas práticas da área de mecânica.

Nesse sentido, o presente trabalho visa abordar, através do estudo do leiaute mais adequado, a questão da segurança para implantação do laboratório de usinagem convencional dos cursos Técnico em Mecânica e Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul *Campus* Erechim, para propiciar formação dos profissionais que atuarão nos mais diversos ambientes de trabalho com segurança.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Estudo do leiaute mais adequado para implantação do laboratório de usinagem no IFRS *Campus* Erechim.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Antecipar os riscos e as características de segurança das máquinas e equipamentos do laboratório de usinagem;
- Estudar e definir o leiaute do laboratório de usinagem convencional;
- Avaliar o leiaute implementado.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O estudo do leiaute ou arranjo físico é fundamental para otimização das condições operacionais, pois visa tanto o bem estar quanto o aumento do rendimento nos processos. Segundo Cury (2000):

leiaute corresponde ao arranjo dos diversos postos de trabalho nos espaços existentes na organização, envolvendo além da preocupação de melhor adaptar as pessoas ao ambiente de trabalho, segundo a natureza da atividade desempenhada, a arrumação dos móveis, máquinas, equipamentos e matérias primas.

Em um sentido amplo, corresponde à distribuição e locação física de elementos em determinado espaço, no intuito de atender satisfatoriamente às necessidades de todos envolvidos. “Uma boa disposição de móveis e equipamentos faculta maior eficiência aos fluxos de trabalho e uma melhoria na própria aparência do local.” (CHILENATO FILHO, 1987).

Além da interação entre espaço físico e fator humano, o leiaute deve ser flexível a fim de que possa ser alterado sempre que seja necessário. Essa flexibilidade se revela muito importante em função das diversas disciplinas e conteúdos desenvolvidos nas várias etapas do processo de ensino-aprendizagem, fornecendo ao docente várias possibilidades de trabalho junto aos aprendizes.

Para implantar uma estrutura de qualquer natureza, planejar o leiaute requer um estudo minucioso da situação atual do ambiente. O levantamento de dados, conforme Cury (2000), “é a fase em que [...] há a familiarização com o plano de organização e os principais procedimentos adotados”.

O objetivo principal desse estudo do leiaute será o de dispor todos os elementos físicos como equipamentos e mão de obra em uma configuração de tal forma a garantir o fluxo e a eficiência de trabalho em uma fábrica ou configuração específica, a exemplo do laboratório de usinagem.

Para Oliveira (2004), os objetivos do leiaute são:

- a) Obter maior satisfação e ânimo por parte do empregado;
- b) Obter melhor aparência na área de trabalho;
- c) Conseguir maior produção em um menor tempo;
- d) Redução dos manuseios e espaço percorrido;

- e) Economia de espaço;
- f) Melhor e mais fácil supervisão;
- g) Ajustamento mais fácil à mudanças;
- h) Aquisição de um fluxo de trabalho mais eficiente e que impressione de maneira favorável visitantes, clientes, etc.;
- i) Redução à fadiga dos colaboradores no desempenho de suas tarefas; e
- j) Diminuição de riscos para a saúde e segurança do operário.

Ao analisarmos cada objetivo verificarmos o quanto uma distribuição eficiente dos recursos no processo de produção pode contribuir para a satisfação dos usuários. Os aspectos do ambiente de trabalho, a redução no tempo de produção, de manuseio e de espaço, melhoria de supervisão, redução de riscos de trabalho, entre outros, se tornam consequências de um bom planejamento de leiaute.

### 3.1 TIPOS DE LEIAUTE

Corrêa e Corrêa (2006) afirmam que o tipo básico de arranjo físico é a forma geral do arranjo de recursos produtivos da operação. E isso deriva em apenas quatro tipos básicos:

- Posicional;
- Por processo;
- Celular;
- Por produto.

A relação entre os tipos não é totalmente determinística, um tipo de processo não necessariamente implica em tipo básico de leiaute. Um arranjo pode ter e adotar diferentes tipos básicos de arranjo físico ou leiaute resultando em um leiaute híbrido. Da mesma forma o leiaute pode ser flexível e assumir características de outros tipos conforme a necessidade.

#### 3.1.1 Leiaute Posicional

Posicional ou por posição física é a denominação do leiaute em um processo produtivo em que os materiais, informações ou clientes fluem em volta do produto, isto é, os recursos transformados não se movem entre os recursos transformadores. Isso ocorre em função do

produto muitas vezes possuir grandes dimensões, dificultando seu manuseio e transporte, bem como necessitar de uma operação muito delicada.

Para Chase, Jacobs e Aquilano (2006) a eficácia de um arranjo físico como este, está ligada à programação de acesso ao espaço e à confiabilidade das entregas de materiais. Por ventura pode se admitir ao longo do tempo de manufatura a intervenção da supervisão promovendo mudanças de suas características a fim de atender demandas de tempo e outros objetivos.

### **3.1.2 Leiaute por processo**

As necessidades e conveniências dos recursos transformadores que constituem o processo de manufatura denominam a decisão sobre o arranjo físico por processo. Neste tipo de leiaute os processos similares ou com necessidades semelhantes são agrupados e alocados juntos. É um tipo de arranjo que pode ficar bastante complexo à medida que temos muitos processos em muitos produtos.

Podemos tomar, como exemplo, a manufatura de usinagem de peças, onde se têm áreas separadas dedicadas a um tipo de processo. Nesta manufatura existem alguns beneficiamentos que exigem ambientes especiais para a execução, como por exemplo, uma área de soldagem de onde resultam gases. Já em processos com máquina ferramenta, necessita-se de operadores e um estoque para ferramentais.

Corrêa e Corrêa (2006) trazem que um leiaute para fluxos que passam pelos setores são muito variados e que ocorrem intermitentemente. Uma característica é ter diferentes roteiros de produtos na manufatura, tornando o leiaute bastante flexível. Mas com volumes de produtos mais intensos, faz com que os fluxos de manufatura se cruzem, diminuindo a eficiência e aumentando o tempo de atravessamento dos fluxos. Essa é uma característica presente nesse tipo de leiaute: privilegia a flexibilidade dos fluxos, permitindo percorrer diferentes trajetos, mais longos ou mais curtos, onde todos possam ser ajustados.

O desafio nas decisões sobre o leiaute de processos é procurar arranjar a posição relativa e as áreas de cada setor, de forma a aproximar setores que tenham fluxos intensos entre si.

### 3.1.3 Leiaute Celular

Para Slack, Chambers e Harrison (2002), células representam um compromisso entre a flexibilidade do leiaute por processo e a simplicidade do leiaute por produto. Já Chase, Jacobs e Aquilano (2006), revelam que o leiaute de tecnologia de grupo, ou celular, aloca máquinas diferentes em células para trabalhar em produtos que tem formatos e requisitos similares de processamento; são amplamente difundidos hoje em dia na fabricação de metal, *chips* para computadores e em trabalhos de montagem. O objetivo geral é obter as vantagens do leiaute de produto em produções do tipo *job-shop* ou por processo. Benefícios do leiaute celular que podem ser citados:

- Melhores relações humanas: as células consistem em poucos trabalhadores que formam uma pequena equipe de trabalho; que produz unidades completas de trabalho;
- Melhores habilidades dos operadores: os trabalhadores vêem apenas um número limitado de peças diferentes em um ciclo finito de produção, portanto a repetição significa uma aprendizagem rápida;
- Menos estoque em processo e manuseio de materiais: a célula combina vários estágios de produção, portanto menos peças percorrem a área industrial;
- *Setup* (configuração) mais rápido para a produção: menos *setup* significa uma redução na aparelhagem de ferramentas e, assim, mudanças rápidas do ferramental.

### 3.1.4 Leiaute por Produto

Este tipo de leiaute se chama por produto porque a lógica usada para arranjar a posição relativa dos recursos é a sequência das etapas dos processos de agregação de valor.

Para Slack, Chambers e Harrison (2002), isso é vantajoso quando se possui um alto volume de produtos com características iguais ou semelhantes. Chase, Jacobs e Aquilano (2006) afirmam que este leiaute também é denominado leiaute em linha (*flowshop*) e é arranjado de forma a conformar-se ao máximo possível às necessidades de processamento do produto ou serviço produzido.

Segundo Slack, Chambers e Harrison (2002), a natureza da decisão neste tipo de leiaute muda um pouco. Em outros leiautes a decisão é do tipo “onde localizar o quê?” e neste arranjo a decisão é mais sobre “o quê localizar e onde?”, pois em geral a decisão sobre a localização está tomada e, então, as tarefas são alocadas conforme localização decidida.

Esse leiaute é destinado para grandes volumes de fluxo de materiais. Evidentemente, conforme afirmam Corrêa e Corrêa (2006), o leiaute por produto é mais adequado a operações que processam grandes volumes de fluxo que percorrem uma sequência muito similar.

Esse leiaute é comum em empresas que produzem produtos sem diferenciação de marcas, matérias primas como aço, alumínio, papel, entre outros. Produtos sem diferenciação são às vezes chamados de *commodities*, e pela não-diferenciação de especificação ou marca encontra no preço seu principal fator de concorrência. O que faz com que os níveis internos de custos operacionais tenham de ser baixos para que os níveis desejados de margens de lucro aconteçam.

Corrêa e Corrêa (2006) ainda explicam que neste tipo de leiaute a eficiência do processo é máxima. Por exemplo, em uma linha de montagem as unidades passam de uma etapa do processo a outra (em geral, encontram-se lado a lado), em um ritmo preestabelecido, de forma que sempre haja algo agregando valor ao produto. O que não ocorre em um leiaute funcional, em que, além do tempo de não-agregação de valor gasto no transporte do produto entre etapas, é frequente que um bom tempo seja gasto pelos produtos que aguardam processamento em filas.

Em um conceito paralelo para Slack, Chambers e Harrison (2002), pode-se definir que nos leiautes existe certo nível de conexão entre as diferentes etapas do processo agregador de valor. Esta conexão é alta em linhas de montagem, mas chega ao seu máximo em operações que trabalham com processos de fluxos contínuos, como por exemplo, em petroquímicas e fábricas de papel. Neste tipo de fabricação o tempo de transporte é minimizado, o que traz máxima eficiência. Qualquer alteração do roteiro produtivo torna-se impossível ou muito difícil de ser feita normalmente. Chega-se, assim, a uma característica envolvida nesse tipo de leiaute, onde se privilegia a eficiência, sendo em consequência menos flexível.

Além desses tipos básicos, ainda ocorrem dois outros adaptados, quais sejam: flexíveis e em corredor. Corrêa e Corrêa (2006) comentam que é cada vez mais frequente que as empresas e indústrias mantenham-se flexíveis em termos de alteração de leiaute. Devido ao ciclo de vida de produtos e a inserção de novas famílias ou produtos, algumas organizações tentam aumentar ou manter a facilidade com que configuram e reconfiguram novos setores produtivos. Assim como em novas células de produção, setores de processo, entre outros, as empresas empregam equipamentos de menor porte e móveis para facilitar sua movimentação para novos arranjos de leiaute.

De acordo com Souza e Silva (2006), existem ainda os leiautes em corredor, que incentivam as relações em grupo por exigir maior interação entre os funcionários e por depender da distribuição das pessoas.

O fato é que, para implantar qualquer tipo de leiaute, é importante ter conhecimentos sobre os produtos, o maquinário, o processo de produção, desde estoque à distribuição, ou seja, todos os aspectos relacionados à produção.

### 3.2 SELEÇÃO DE LEIAUTE OU ARRANJO FÍSICO

Segundo Slack, Chambers e Harrison (2002), o processo de leiaute é frequentemente uma atividade difícil e de longa duração por causa das dimensões físicas dos recursos de transformação envolvidos. Um fator ponderante é que o leiaute selecionado pode, em sua operação, interromper seu funcionamento, levando à insatisfação ou a perdas na produção.

A decisão também pode levar a escolher um leiaute errado de modo a criar fluxos longos ou confusos, necessidades de mais estoques de materiais ou aumento dos existentes, maiores filas ao longo da operação, tempos maiores e aumento dos custos de operação.

Na figura 1 é ilustrada a relação entre os tipos de manufatura, os tipos básicos de leiaute e processos de serviços. Assim clareia a interação dos leiautes com os processos produtivos.

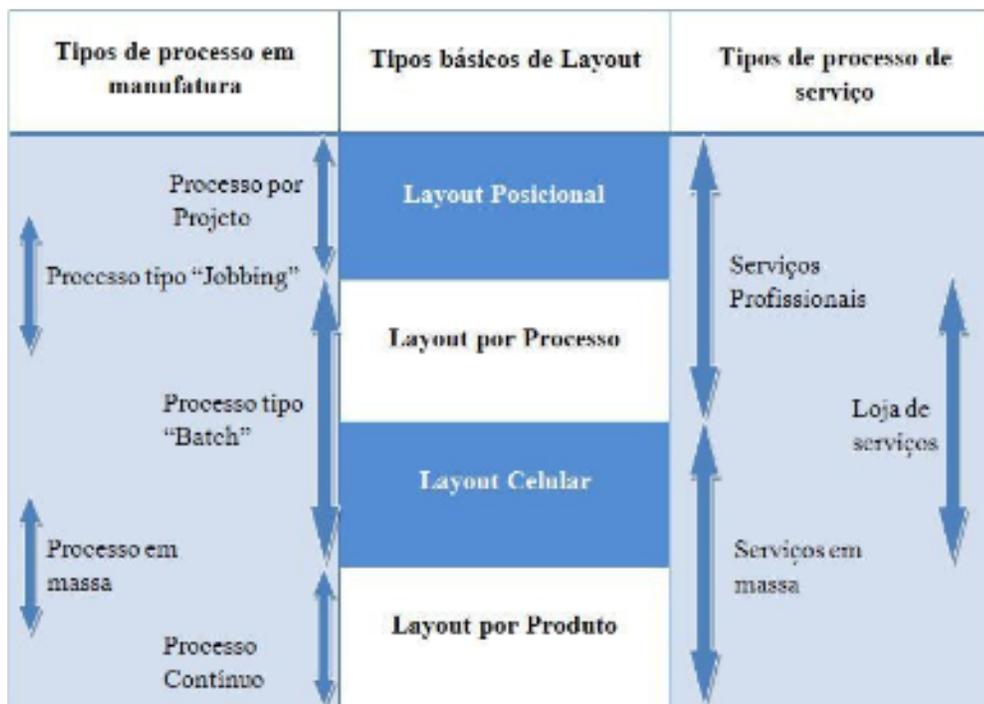


Figura 1: Relação entre processos de manufatura e tipos básicos de leiaute. Slack, Chambers e Harrison (2002).

Alguns autores, como Corrêa e Corrêa (2006), simplificam as vantagens e desvantagens de cada tipo de leiaute em uma síntese que auxilia na escolha do leiaute apropriado ao planejamento conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1: Vantagens e desvantagens nos quatro tipos de leiaute. Slack, Chambers e Harrison (2002).

	Vantagens	Desvantagens
<b>Posicional</b>	Flexibilidade muito alta de <i>mix</i> e produto Produto ou cliente não movido ou perturbado Alta variedade de tarefas para a mão-de-obra	Custos unitários muito altos Programação de espaço ou atividades pode ser complexa Pode significar muita movimentação de equipamentos e mão-de-obra
<b>Processo</b>	Alta flexibilidade de <i>mix</i> e produto Relativamente robusto em caso de interrupção de etapas Supervisão de equipamento e instalações relativamente fácil	Baixa utilização de recursos Pode ter alto estoque em processo ou filas de clientes Fluxo complexo pode ser difícil de controlar
<b>Celular</b>	Pode dar um bom equilíbrio entre custo e flexibilidade para operações com variedade relativamente alta Atravessamento rápido Trabalho em grupo pode resultar em melhor motivação	Pode ser caro reconfigurar o arranjo físico atual Pode requerer capacidade adicional Pode reduzir níveis de utilização de recursos
<b>Produto</b>	Baixos custos unitários para altos volumes Dá oportunidade para especialização de equipamento Movimentação conveniente de clientes e materiais	Pode ter baixa flexibilidade de <i>mix</i> Não muito robusto contra interrupções Trabalho pode ser repetitivo

### **3.2.1 Leiaute escolhido**

Levando-se em consideração todas as características e possibilidades pertinentes aos tipos estudados anteriormente, bem como os pontos positivos que mais beneficiam o ensino-aprendizagem para o laboratório de usinagem, conforme objetivo principal apresentado, verificamos e decidiu-se que o melhor leiaute para o caso em estudo é por processo ou funcional.

Conforme identificado acima, há grande flexibilidade às contingências externas e é de fácil supervisão, o que possibilita ao docente utilizar diversas práticas e adaptá-las ao longo de cada disciplina, conforme necessidade e andamento dos trabalhos desenvolvidos.

#### 4. METODOLOGIA

No que tange ao método empregado no presente trabalho, seu procedimento técnico tem como abordagem do problema a característica de ser uma pesquisa exploratória qualitativa. Por sua vez, a estratégia empregada para a pesquisa é um estudo de caso, tomando-se alguns objetos (instalações, máquinas e equipamentos) de modo a permitir seu conhecimento.

No que se refere à natureza do trabalho, tem-se uma pesquisa aplicada visto que a mesma é voltada à aquisição de conhecimentos para a aplicação numa situação específica.

Os objetivos são exploratórios, com o propósito de proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo mais explícito e construir hipóteses. Enfim, a técnica aqui utilizada é a coleta e posterior análise de dados.

Tendo em vista que o tema não apresenta bibliografia relevante aplicada ao objeto em estudo (laboratório didático), para levantamento dos dados foram consideradas as experiências dos docentes, tanto na área industrial quanto de ensino em outras instituições, bem como informações dos fabricantes dos equipamentos. Em seguida os dados foram tabulados e confrontados, onde foi possível apresentar algumas propostas.

A partir dos estudos propostos, os mesmos foram avaliados e se definiu o leiaute mais adequado para o laboratório. Após sua implantação o leiaute foi avaliado novamente para se obter resultados práticos do estudo, inclusive em função das alterações que se fizeram necessárias.

## 5. DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

Importante registrar que os estudos aqui apresentados têm grande contribuição empírica através dos docentes do IFRS *Campus* Erechim, haja vista a segurança dos aprendizes com enfoque para melhoria do processo ensino-aprendizagem.

Assim, as análises e estudos realizados levaram em consideração alguns pontos chave, os quais se tornam importantes para o desenvolvimento e entendimento do trabalho apresentado, quais sejam:

- adaptação de uma estrutura existente;
- conciliação do espaço disponível com as máquinas e equipamentos necessários para o desenvolvimento dos cursos Técnico em Mecânica e Engenharia Mecânica da instituição;
- estudo com base em um projeto já contratado e com poucas possibilidades de alteração, considerando-se que foi realizado através de processo licitatório público;
- licitação para aquisição das máquinas e equipamentos em 2009, com requisitos da NR 12 válida na época;
- aquisição das máquinas e equipamentos de acordo com a disponibilidade orçamentária e, com isso, com necessidade de alteração do leiaute em função da entrega dos mesmos.

### 5.1 ANTECIPAÇÃO E RECONHECIMENTO DOS RISCOS E INTERFACES DE SEGURANÇA DE UM LABORATÓRIO USINAGEM CONVENCIONAL

A avaliação realizada neste trabalho não envolve especificamente os riscos à saúde do trabalhador, mesmo tendo servidores que desenvolvam atividades e eventualmente possam ficar expostos a tais riscos. Entretanto, em função das atividades de ensino, o que se pretende tratar no presente diz respeito aos riscos à integridade física dos alunos, seja operando ou circulando pelo laboratório de usinagem convencional para realizar tarefas didáticas. Para tanto utilizou-se a NR 9 (MTE, 1978) como suporte para esta etapa.

Esse estudo se mostra fundamental considerando que as decisões tomadas no momento da instalação dos equipamentos refletirão nas condições de segurança e operação

futuras, podendo oferecer condições mais seguras e proteções passivas ou riscos de acidentes que poderão passar despercebidos pelos docentes e técnicos que forem orientar e acompanhar as atividades práticas que serão desenvolvidas pelos aprendizes.

Desse modo, seguir-se-á com um breve levantamento das características operacionais e de instalação das máquinas e equipamentos previstos para o laboratório. Como já mencionado, as informações desse levantamento foram obtidas através do senso comum dos docentes da instituição, através de suas experiências na área. Esse levantamento contribuiu para o estudo do leiaute mais adequado possível para o processo de ensino-aprendizagem mais seguro.

### **5.1.1 Características e riscos operacionais das máquinas, equipamentos e instalações**

O conhecimento das características operacionais e dos riscos decorrentes das máquinas, equipamentos e instalações previstas no projeto inicial do laboratório de usinagem é essencial para o desenvolvimento de um estudo de leiaute, por meio de diretrizes, que seja compatível com as necessidades do processo ensino-aprendizagem e, ao mesmo tempo, capaz de tornar o ambiente mais seguro.

Dessa forma, fez-se uma breve avaliação do ambiente junto aos docentes, de acordo com o projeto contratado para execução em dezembro de 2009. Seguem, então, a seguir as principais informações obtidas para cada máquina e equipamento.

- tornos mecânicos convencionais: devem ser posicionados em diagonal para evitar projeções de materiais, assim como maior área de trabalho e melhor acesso ao operador; necessita de várias regulagens e, com isso, movimentações constantes do operador ao longo do torno, requerendo área livre com bom espaço operacional, principalmente para acompanhar o avental e os carros do torno;

- fresadoras ferramenteiras e universais: apresentam deslocamentos longitudinais da mesa de operação, necessitando de maior distância das outras máquinas e equipamentos; assim como o torno mecânico convencional, apresenta várias regulagens e, com isso, movimentações constantes do operador no entorno das mesmas, requerendo área livre com bom espaço operacional;

- retíficas cilíndrica e plana: requerem grande área para instalação e operação em função do tamanho, robustez e dos ajustes mecânicos, elétricos e hidráulicos;

- torno CNC: com dimensões geralmente superiores aos convencionais, precisa de grande área para instalação e, em função dos componentes eletrônicos e precisão, é indicado para ser utilizado em espaço protegido e com controle térmico;

- furadeira de coluna: demanda de pouco espaço, uma vez que sua estrutura é verticalizada; propicia grande redução de esforço físico para execução de furos com boa precisão;

- bancadas para ajustagem: permitem apoiar, assim como fixar peças através de morsas ou tornos de bancada; também facilitam as operações manuais na posição em pé, pois permitem maior equilíbrio durante a aplicação dos esforços e maior visibilidade das operações realizadas; também servem de espaço de trabalho para organização das tarefas e disposição dos instrumentos de medição, ferramentas, projetos, entre outros;

- serra fita horizontal: propicia o corte mecânico dos insumos metálicos, reduzindo esforços manuais e riscos de acidentes, principalmente com a movimentação de barras e tubos;

- prensa hidráulica manual: demanda de pouco espaço, uma vez que sua estrutura é verticalizada; reduz consideravelmente o esforço para encaixes com ajustes apertados, deformações de materiais;

- tanque para lavar as mãos: instalado dentro do laboratório permite o asseio com maior praticidade, além de evitar que as portas e áreas externas acabem sendo sujas após as atividades práticas no laboratório. Em se tratando da formação em uma instituição de ensino, fica evidente a preocupação em formar profissionais empenhados com a saúde e bem estar em todos ambientes.

Através dos levantamentos acima, podem ser estabelecidas algumas orientações para o estudo da implantação, conforme segue.

### **5.1.2 Diretrizes para estudo do leiaute**

Analisando-se as características apresentadas e as possibilidades de adaptações que o espaço permitiu, foi possível elencar algumas diretrizes para o estudo do leiaute, quais sejam:

- instalação dos tornos em diagonal e preferencialmente em um mesmo local para evitar fluxo de materiais e outros operadores, o que poderia distrair e causar acidentes;

- instalação das fresadoras e retíficas agrupadas por função, assim como os tornos;

- necessidade de isolamento do torno CNC para permitir ambiente com controle de temperatura;
- flexibilidade na locação da prensa hidráulica manual e das furadeiras de coluna em função de suas dimensões relativamente reduzidas e utilização em curto espaço de tempo e em pequenas áreas de operação;
- possibilidade de locação das bancadas com quaisquer alinhamentos em locais com espaços vazios, deixando as máquinas e equipamentos elétricos próximos das paredes e, conseqüentemente, das tomadas de energia;
- instalação da serra fita horizontal na entrada dos materiais para facilitar o manuseio e propiciar maior segurança nos transportes internos;
- instalação do tanque para lavar as mãos próximo da saída para facilitar o fluxo das pessoas.

## 5.2 ESTUDO DO LEIAUTE DAS INSTALAÇÕES DO LABORATÓRIO DE USINAGEM CONVENCIONAL

O projeto de reforma e adaptações e o leiaute foram elaborados adequando-se parte de um prédio planejado para servir como cozinha e despensas de um seminário. Dessa forma, percebe-se que foram necessários muitos estudos e alterações para se chegar ao resultado final do presente trabalho.

Torna-se importante mencionar que tanto o projeto inicial quanto os estudos de leiaute foram realizados entre novembro de 2009 e maio de 2010, quando estava em vigor a NR 12 publicada em 1978 e atualizada até 1997. Sendo assim, os estudos mostrados a seguir devem ser vistos aos olhos da legislação vigente à época, muito embora fique evidente que mereça atualização de muitos itens, principalmente quanto aos dispositivos de segurança.

### 5.2.1 Projeto contratado: leiaute inicial

Através de figura 2 a seguir, pode-se visualizar as seguintes máquinas, equipamentos e instalações inicialmente previstos:

- 8 tornos mecânicos convencionais;
- 2 fresadoras ferramenteiras;
- 1 fresadora universal;

- 1 retífica cilíndrica;
- 1 retífica plana;
- 1 torno CNC;
- 1 talha manual;
- 1 furadeira de coluna;
- 3 bancadas para ajustagem;
- 1 serra fita horizontal;
- 1 prensa hidráulica manual;
- 1 tanque para lavar as mãos.

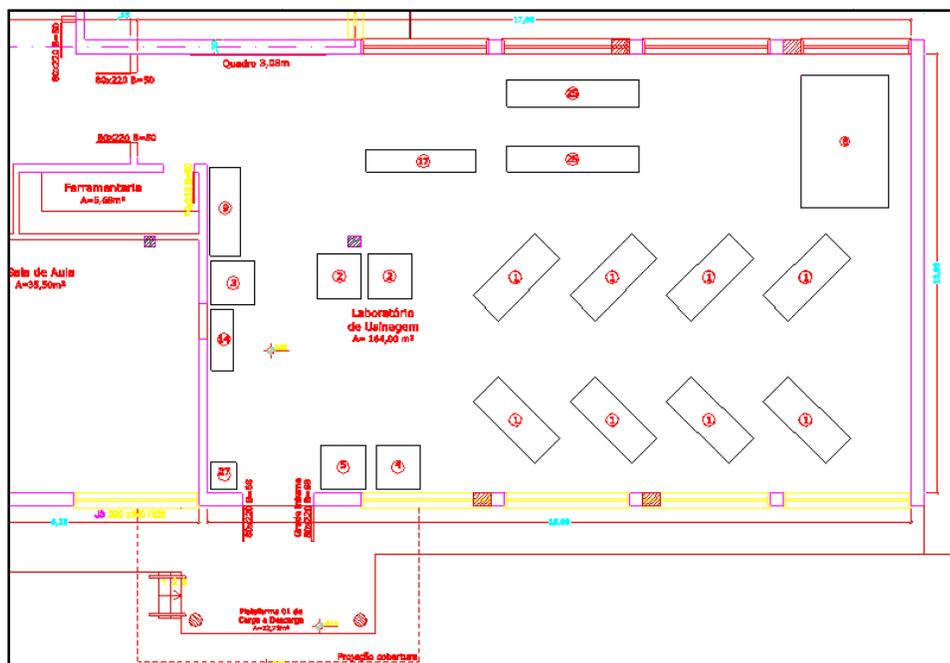


Figura 2: Leiaute inicialmente projetado com as máquinas e equipamentos previstos.

Em função do espaço físico necessário entre as máquinas para oferecer maiores condições de operá-las com segurança, principalmente em função do uso didático com vários alunos ao mesmo tempo no laboratório, tanto a dimensão correta quanto a disposição das máquinas e equipamentos foram reavaliados.

Para todas as máquinas e equipamentos mostrados no leiaute acima se verificou que suas dimensões eram maiores que as inicialmente projetadas, conforme segue figura 3 com dimensões. Dessa forma, tiveram que ser realocados e afastados entre si para atender às distâncias previstas na NR 12, sendo de 0,60 a 0,80 m e de 0,70 a 1,30 m entre partes móveis.



Furadeira de coluna	1	0,60 x 0,60 m	2	0,80 x 0,80 m
Bancadas de ajustagem	3	3,00 x 0,60 m	3	2,50 x 1,00 m
Serra fita horizontal	1	1,00 x 1,00 m	1	1,00 x 1,00 m
Prensa hidráulica	1	1,00 x 0,60 m	1	1,00 x 0,60 m
Distância entre máquinas		0,10 a 0,76 m		0,60 a 1,50 m
Totais	20		23	

Quadro 1: Dimensões previstas no projeto inicial e os especificados pelos fabricantes, assim como as quantidades revisadas para atender melhor as necessidades dos cursos na área.

A partir desse estudo inicial, principalmente da quantidade e dimensões das máquinas e equipamentos necessários à demanda dos cursos na área de mecânica, tornou-se obrigatória a avaliação de possíveis arranjos físicos para definir o melhor leiaute para o laboratório de usinagem convencional.

Dessa forma, apresenta-se a seguir as propostas elaboradas para atender as diretrizes de segurança e operacionalidade apontadas na análise de segurança das máquinas e equipamentos, conforme item 5.1.

### 5.2.2 Estudo dos leiautes propostos

A seguir são apresentados cinco leiautes propostos e analisados ao final para estabelecer e definir a melhor opção, seguindo-se as diretrizes definidas anteriormente no item 5.1.2.

Leiaute proposto 1:

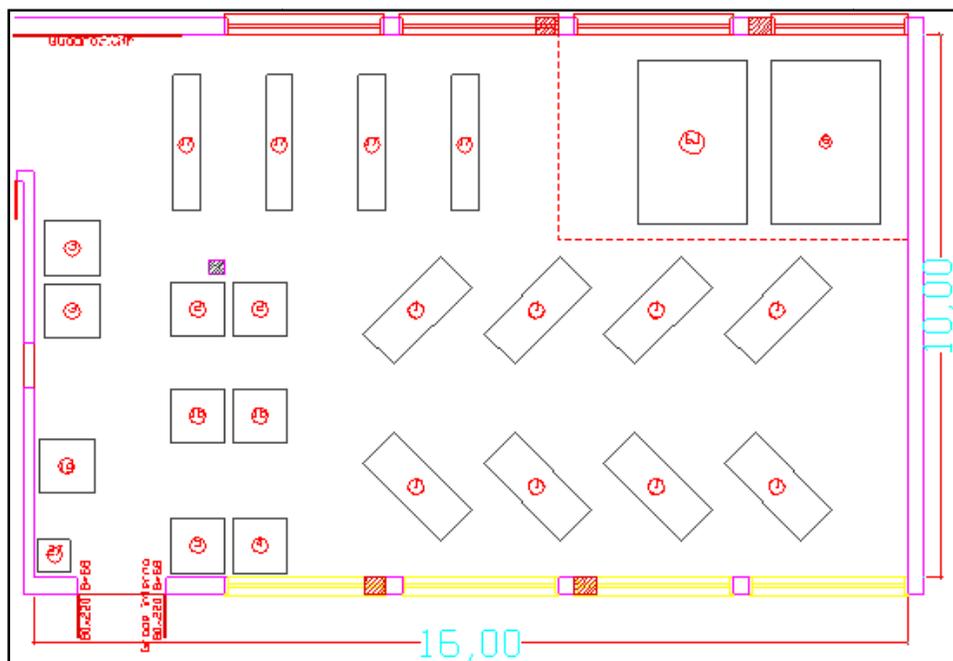


Figura 4: Leiaute proposto número 1.

Leiaute proposto 2:

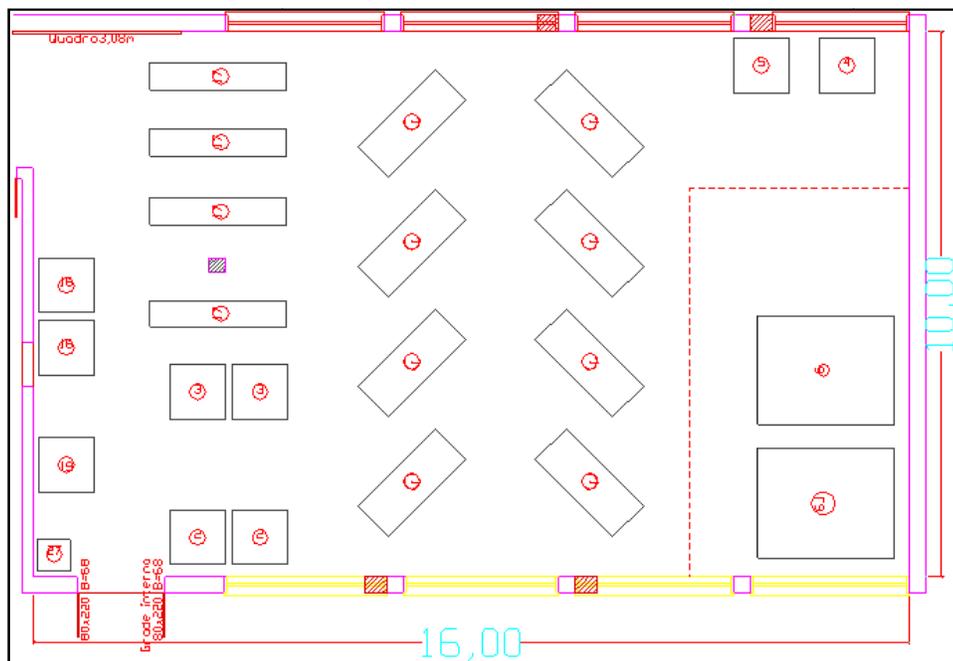


Figura 5: Leiaute proposto número 2.

Leiaute proposto 3:

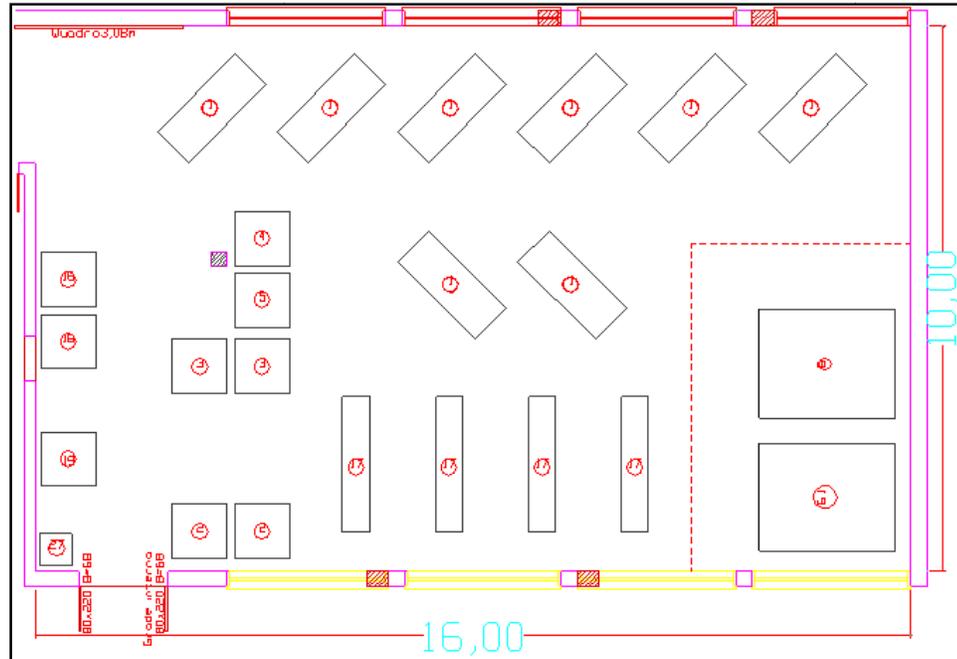


Figura 6: Leiaute proposto número 3.

Leiaute proposto 4:

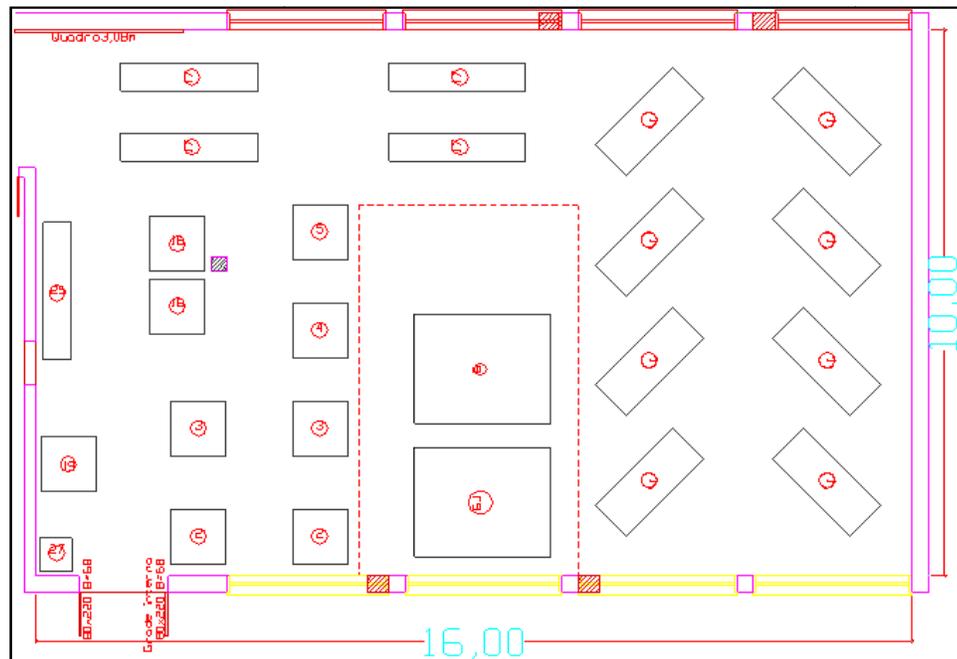


Figura 7: Leiaute proposto número 4.

Leiaute proposto 5:

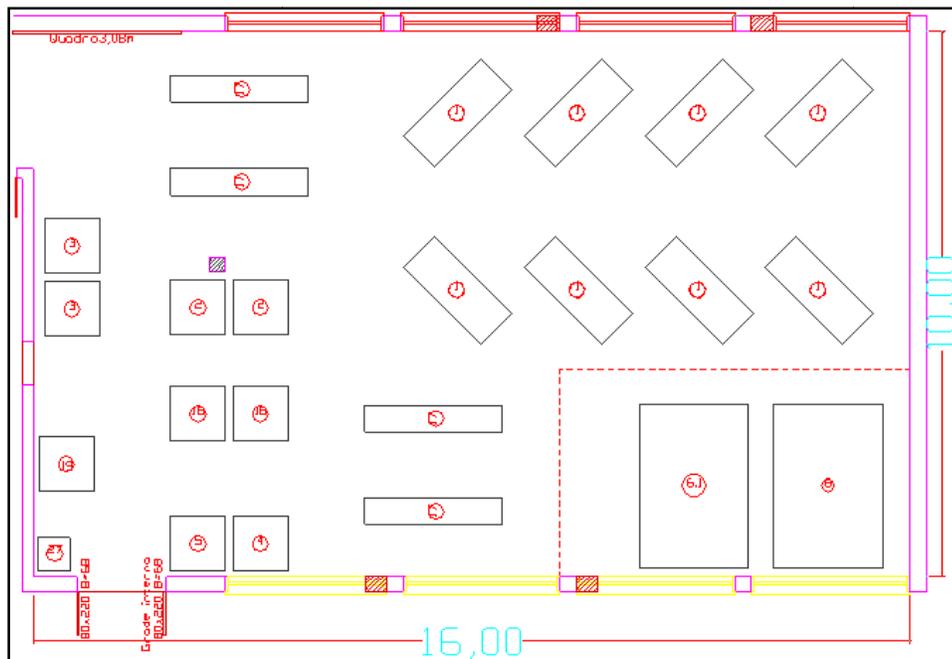
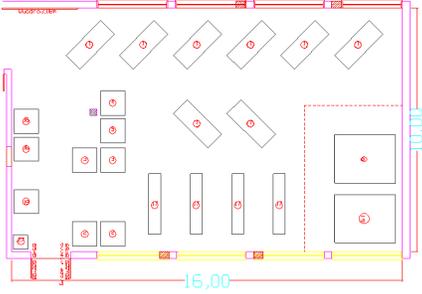
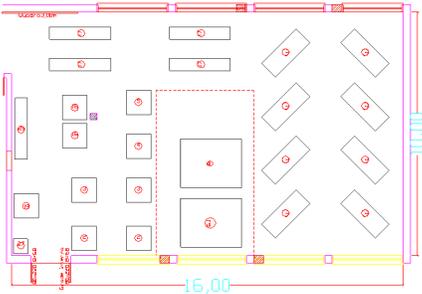
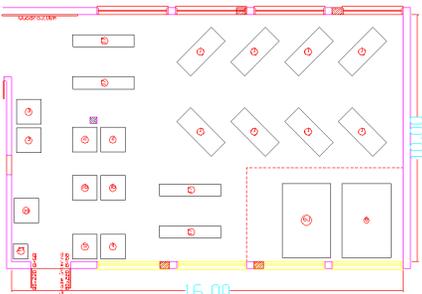


Figura 8: Leiaute proposto número 5.

Para facilitar as comparações entre todas as propostas avaliadas, montou-se o quadro 2 a seguir com as respectivas figuras em tamanho reduzido.

Leiaute	Aspectos positivos	Aspectos negativos
<p>Proposta 1</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- área definida para as bancadas de ajustagem;</li> <li>- área definida para os tornos mecânicos convencionais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dificuldade de acesso aos equipamentos CNC;</li> <li>- pequeno espaço para operação das fresas e retíficas.</li> </ul>
<p>Proposta 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- área praticamente definida para as bancadas de ajustagem;</li> <li>- área definida para os tornos mecânicos convencionais;</li> <li>- maior área operacional para as fresadoras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dificuldade de acesso aos equipamentos CNC;</li> <li>- dificuldade de acesso as retíficas;</li> <li>- espaço insuficiente para instalação das retíficas, principalmente pela disposição lado a lado;</li> <li>- espaço reduzido para as tarefas</li> </ul>

		<p>de ajustagem nas bancadas;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- espaço insuficiente para os deslocamentos longitudinais das mesas nas fresadoras.</li> </ul>
<p><b>Proposta 3</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- área definida para as bancadas de ajustagem;</li> <li>- maior espaço operacional para os tornos mecânicos convencionais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dificuldade de acesso aos equipamentos CNC;</li> <li>- tornos mecânicos convencionais sem área definida, possibilitando interferências e cruzamentos de pessoas e materiais;</li> <li>- espaço insuficiente para instalação das retíficas, principalmente pela disposição lado a lado;</li> <li>- espaço insuficiente para os deslocamentos longitudinais das mesas nas fresadoras.</li> </ul>
<p><b>Proposta 4</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- área definida para as bancadas de ajustagem;</li> <li>- área definida para os tornos mecânicos convencionais;</li> <li>- maior espaço para as partes móveis das fresadoras e retíficas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- espaço reduzido para as tarefas de ajustagem nas bancadas;</li> <li>- redução do espaço disponível no laboratório em função da localização centralizada dos equipamentos CNC.</li> </ul>
<p><b>Proposta 5</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- área definida para os tornos mecânicos convencionais;</li> <li>- maior espaço entre as bancadas de ajustagem.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dificuldade de acesso aos equipamentos CNC;</li> <li>- espaço insuficiente para instalação das retíficas, principalmente pela disposição lado a lado;</li> <li>- espaço insuficiente para os deslocamentos longitudinais das mesas nas fresadoras;</li> <li>- bancadas de ajustagem dispersas pelo laboratório, dificultando a orientação e supervisão docente.</li> </ul>

Quadro 2: Aspectos positivos e negativos dos leiautes propostos.

Além dos aspectos observados individualmente na tabela anterior, pode-se observar alguns pontos comuns a todos os leiautes propostos, tanto positivos quanto negativos, conforme segue.

Aspectos positivos comuns:

- localização da serra fita horizontal na entrada de materiais, facilitando a redução dos materiais (barras e tubos) para evitar acidentes no transporte interno e uso dos mesmos;
- inclusão de mais uma bancada de ajustagem, podendo atender mais alunos das disciplinas iniciais de usinagem;
- inclusão do centro de usinagem, oportunizando aprendizado em equipamentos mais modernos e de uso crescente;
- isolamento dos equipamentos CNC, permitindo tanto a separação das atividades quanto o controle de temperatura através da instalação de aparelhos condicionadores de ar.

Aspectos negativos comuns:

- espaço insuficiente para aulas práticas nos equipamentos CNC;
- áreas de circulação insuficientes e/ou inexistentes quando todas as instalações estiverem em uso, pois a grade curricular prevê uso simultâneo de máquinas, equipamentos e instalações, de acordo com as etapas de cada curso (nível médio ou superior);
- falta de local para instalação de esmeris.

Avaliando-se todos os aspectos identificados em cada proposta e os comuns, foram definidas alterações importantes para a operacionalização das didáticas e segurança dos aprendizes, as quais são apresentadas na sequência.

### **5.2.3 Definição do leiaute para implantação**

Através da análise das características de funcionamento das máquinas, equipamentos e instalação previstas no projeto inicial, assim como das diretrizes elaboradas para estudo do leiaute, foi possível elaborar propostas com várias possibilidades de configuração do laboratório de usinagem.

A avaliação de todos esses aspectos levaram a uma nova proposta de implantação, visando contemplar o principais pontos positivos e minimizar os negativos.



Aspectos positivos	Aspectos negativos
<ul style="list-style-type: none"> <li>- área definida para as bancadas de ajustagem;</li> <li>- aumento do tamanho das bancadas de ajustagem, permitindo usuários em ambos os lados;</li> <li>- maior espaço entre as bancadas de ajustagem;</li> <li>- área definida para os tornos mecânicos convencionais;</li> <li>- área definida para os tornos mecânicos convencionais;</li> <li>- maior área operacional para as fresadoras;</li> <li>- maior espaço para as partes móveis das fresadoras e retíficas;</li> <li>- inclusão de 4 esmeris;</li> <li>- criação de novo espaço para os equipamentos CNC, com área isolada e com possibilidade de controle térmico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- redução da área disponível para outros laboratórios, devido a criação de novo laboratório para CNC;</li> <li>- redução das áreas de circulação devido ao aumento do número de máquinas e equipamentos.</li> </ul>

Quadro 3: Aspectos positivos e negativos do leiaute definido para implantação.

### 5.3 AVALIAÇÃO DO LEIAUTE IMPLANTADO

Considerando-se que a instalação das máquinas e equipamentos foi sendo realizada conforme a aquisição e entrega pelos fornecedores, tornou-se necessária uma modificação fundamental no leiaute, a qual se deu em função da troca das fresas em relação às retíficas. Assim, no espaço destinado às retíficas foram instaladas as fresadoras e vice-versa, pois o posicionamento no fundo do laboratório dificultaria o acesso para posterior instalação daquelas.

Essa alteração também acabou possibilitando maior espaço para as tarefas de ajustagem nas bancadas, assim como melhorou a área de circulação até as fresas, pois as retíficas são menos utilizadas e, por isso, propiciam sua área de operação livre por mais tempo, além de servirem para as práticas somente no final do curso e, praticamente, não coincidem com o uso das demais máquinas e equipamentos.

A visualização das máquinas e equipamentos implantados pode ser observada no anexo A, onde são apresentadas fotografias das principais máquinas e equipamentos instalados até o momento.

## 6. CONCLUSÕES

Considerando-se a grande relevância no tema segurança do trabalho e a atividade de ensino a qual pertence a instituição analisada, podemos concluir que o trabalho apresentado traz resultados significativos para ambos temas: segurança e educação.

Tendo em vista que os temas são correlacionados e solidários na formação, principalmente, onde há práticas através de máquinas e equipamentos, a implantação e suas adaptações permitem verificar a importância dos resultados obtidos através do estudo e disposição mais adequada dos instrumentos do processo de ensino-aprendizagem.

Cabe ressaltar que o estudo e o leiaute implantado mostram ao aprendiz um exemplo de estrutura capaz de servir ao uso a que se destina e ao mesmo tempo propiciar a segurança de seus usuários. Esse talvez seja o maior benefício alcançado com este trabalho.

Esse estudo, embora altamente empírico, porém com conhecimento adquirido de especialistas no assunto, buscou levantar questões relacionadas à formação dos profissionais que atuarão no mercado de trabalho, onde há legislação e fiscalização bastante apropriada para tratar da saúde e segurança dos trabalhadores. Entretanto, em nível de formação profissional não há bibliografia, legislação ou fiscalização com alcance suficiente para orientar tanto os docentes como os aprendizes.

Dessa forma, embora o presente não tenha pretensão de ser uma referência no assunto, ao mesmo tempo pode servir como apoio para o desenvolvimento do tema e, quem sabe, alavancar estudos nessa área. Portanto, aproveita-se para lançar algumas recomendações para trabalhos futuros, conforme segue.

### **Recomendações para trabalhos futuros:**

- Identificação e demarcação das faixas através das cores previstas pela NR 26, que não estão indicadas no projeto, porém deverão ser realizadas após a pintura do piso.
- Análise de segurança das máquinas, equipamentos e instalações do laboratório de usinagem convencional, sob a ótica da nova NR 12.
- Análise ergonômica dos postos de trabalho: necessita de estudo aprofundado, pois pelo público atendido, trata-se de grande desvio padrão e requer análise de adaptações à situações extremas e com equipamentos com concepções e projetos defasados, como é o caso dos tornos mecânicos convencionais em comparação com os tornos CNC.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, Ministério do Trabalho. **Manual de legislação, segurança e medicina do trabalho**. 68.ed.. São Paulo: Editora Atlas, 2011.

CHASE, RICHARD B.; JACOBS, F. ROBERT e AQUILANO, NICHOLAS J.. **Administração da Produção para Vantagem Competitiva**. 10.ed.. Editora Bookman, 2006.

CHILENATO FILHO, João. **O & M Integrado à Informática**. Rio de Janeiro: Editora S/A, 1987.

CORRÊA, H.L. e CORRÊA, C.A. **Administração de produção e operações**. São Paulo: Editora Atlas, 2006.

CURY, Antony. **Organização & Métodos**. São Paulo: Editora Atlas, 2000.

MTE. **Estatísticas de acidentes de trabalho segundo CNAE**. Brasil, 2001.

MPAS. **Anuário Estatístico da Previdência Social**. Brasil, 2009.

GRAEMI, Alexandre Reis e PEINADO, Jurandir. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: Editora Unicemp, 2007.

LUCKMANN, Luiz Carlos; ROVER, Ardinete; VARGAS, Marisa. **Diretrizes para elaboração de trabalhos científicos: apresentação, elaboração de citações e referências de trabalhos científicos**. Joaçaba: Editora Unoesc, 2007.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. **Sistemas, Organização & Métodos**. São Paulo: Editora Atlas, 2000.

MTE. **NR 9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais**. Brasil, 1978 (alterada pela Portaria n.º 25, de 29 de dezembro de 1994).

SILVA, Alessandro Lucas da.; BUOSI, Thiago; SILVA, Valéria Cristiane Oliveira. **Melhorando o layout físico através da aplicação do conceito de célula de produção e redução da movimentação: um estudo de caso**. [s.d].

SLACK N.; CHAMBERS, S.; HARRISON A.. **Administração da Produção**. 2.ed.. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

SOUZA, Edilane Cristina Duarte e SILVA, Flávia Galdino. **Planejamento e implantações de um arranjo físico (layout)**. [s.d].

**ANEXO A - FOTOGRAFIAS DAS PRINCIPAIS INSTALAÇÕES DO  
LABORATÓRIO DE USINAGEM CONVENCIONAL IMPLEMENTADO**



Mural para guarda e fácil localização das ferramentas de uso mais comum.



Viradeira manual de chapas com pegas firmes e anatômicas, permitindo maior conforto.



Esmeris locados em distância segura para evitar toques acidentais entre os usuários.  
Sinalização com sentido de rotação.



Serra fita horizontal localizada próxima a entrada de materiais, onde são cortados e seguem para os processos com as dimensões mais adequadas, reduzindo o risco de acidentes. Apresenta botoeira de emergência e pistão hidráulico para descida automática com velocidade regulável.



Disposição em diagonal dos tornos convencionais para evitar acidentes com possíveis projeções de materiais nos operadores próximos.



Esmeril, desempeno e furadeira de bancada dispostos a uma distância que ofereça segurança na operação dos mesmos.



Furadeiras de bancada dispostas a uma distância que ofereça segurança na operação das mesmas .



Espaçamento seguro entre os tornos convencionais, permitindo operá-los com segurança.



Fresadoras universais (à esquerda) e ferramenteiras (à direita) dispostas em ângulo para permitir maior segurança durante a execução de movimentos longitudinais da mesa.



Entrada de energia protegida e painel sinalizado e com acesso restrito através de chaves.



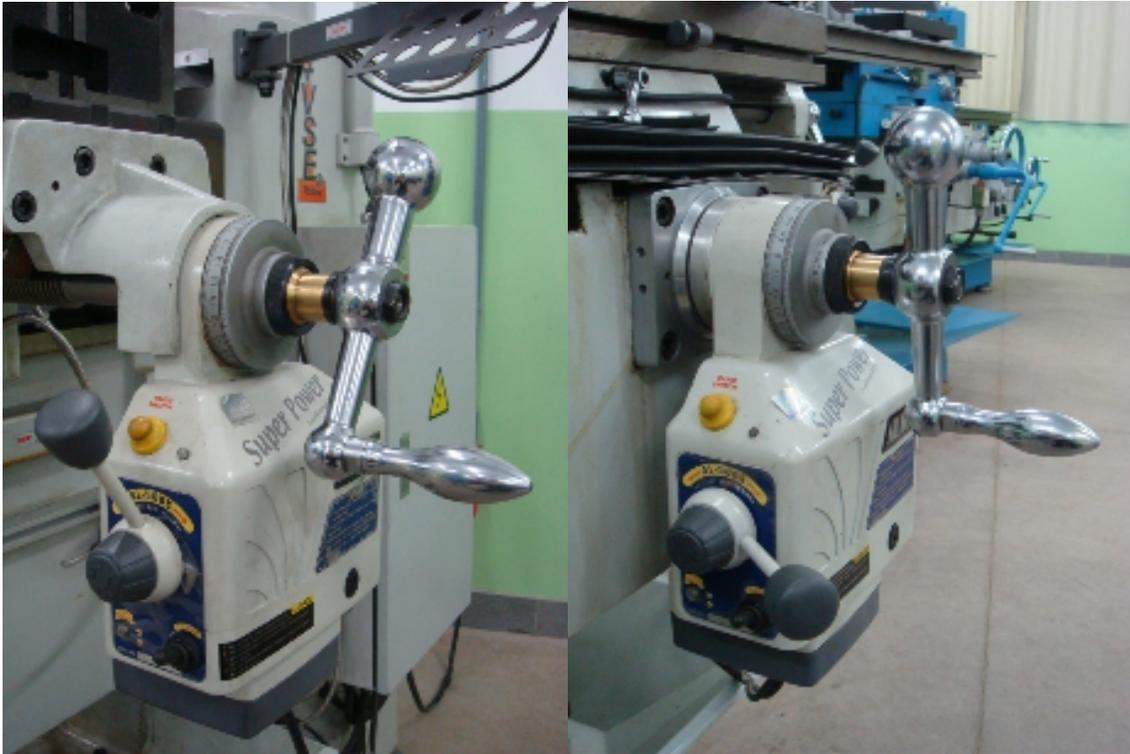
Torno convencional, com seu painel à esquerda mostrando a botoeira de emergência próxima e ao alcance do operador, assim como o pedal de freio motor com parada praticamente imediata.



Fresadora universal à esquerda com comandos ao alcance do operador, inclusive a botoeira de emergência no painel de comando à esquerda, na altura dos olhos do operador. E à direita a fresadora ferramenteira com comandos ao alcance do operador, inclusive a botoeira de emergência no painel de comando à direita, na altura dos olhos do operador. Essa fresadora também conta com comandos elétricos para ambos deslocamentos da mesa de operação.



Painel da fresadora universal à esquerda com comandos identificados graficamente e por cores, com maior destaque para a botoeira de parada de emergência. E à direita o painel da fresadora ferramenteira com comandos identificados graficamente e por cores, com maior destaque para a botoeira de parada de emergência.



Comando elétrico das fresadoras ferramenteiras para deslocamento longitudinal da mesa de operação. Pode ser ligado ou desligado, permitindo o uso manual. Também possibilita o avanço rápido através do botão “rapid switch”.



Comando manual para subir e descer a mesa com dispositivo de segurança que impede a operação da máquina quando a alavanca estiver em uso.



Sensores de final de curso com batentes reguláveis nas fresadoras ferramenteiras, nos três eixos.



Sistemas de iluminação e lubrificação local nas fresadoras ferramenteiras.



Sinalização de alerta nos painéis alimentados por energia elétrica.



Informação de segurança sobre o desligamento automático do torno convencionals em caso de abertura do painel de acesso às engrenagens.



Sinalização de aviso na placa do torno convencional. Sistema de proteção para evitar esquecimento da chave de aperto na placa, podendo causar acidente quando posto em marcha e a chave ser arremessada devido ao torque.



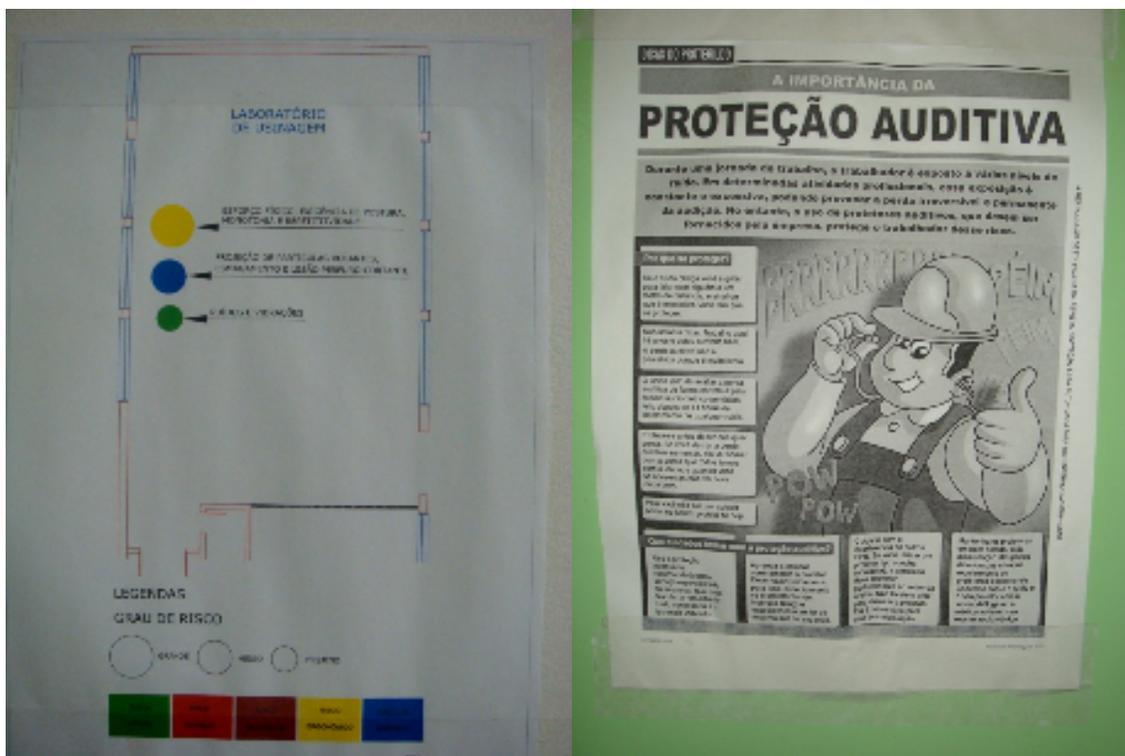
Dispositivo de desligamento do torno convencional acionado pelo sistema de proteção para evitar esquecimento da chave de aperto na placa.



Dispositivos reguláveis de final de curso longitudinal do torno convencional, o qual permite reduzir o curso de deslocamento e agilizar o processo, bem como evitar batidas acidentais do carro na placa.



Distância segura entre os tornos e livre acesso do operador, a qual serve de área de escape para eventuais projeções não atingirem outros operadores.



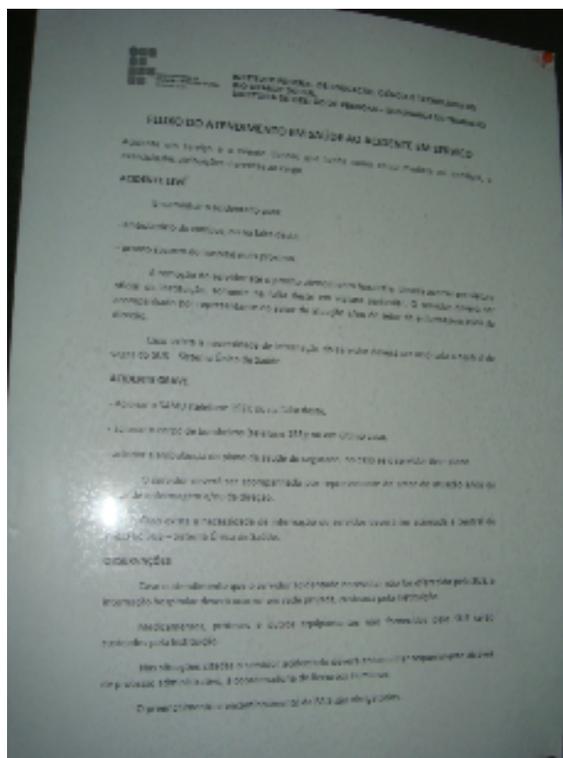
Divulgação de informações de segurança: mapa de riscos do laboratório de usinagem elaborado pelo GIPA (Grupo Interno de Prevenção de Acidentes) e informações sobre segurança divulgadas no laboratório.



Extintores de incêndio localizados próximos à saída do laboratório de usinagem em direção à saída de emergência.



Armários individualizados para guarda dos materiais dos alunos, visando evitar disposição em locais indevidos e possíveis acidentes durante as aulas práticas nos laboratórios.



Disponibilização em local visível e de fácil acesso às instruções institucionais para atendimento em caso de acidente.