



## **LAYOUT DE OFICINA MECÂNICA DE USINAGEM DE MATERIAIS – ESTUDO DE CASO SOBRE A MINIMIZAÇÃO DOS RISCOS ATRAVÉS DA DISPOSIÇÃO DAS MÁQUINAS OPERATRIZES**

BARROSO, Fábio de Andrade (IESP)

tatyana\_regis@yahoo.com.br

SOUZA, George Henriques de (IESP)

SODRÉ, Marcelle Afonso Chaves (IESP)

ABREU, Márcia Suzana Dutra de (IESP)

SOUSA, Marcelo Fernandes de (IESP)

RÉGIS, Tatyana Karla Oliveira (IESP)

### **RESUMO**

As máquinas são indispensáveis como ferramentas de trabalho ou de facilitação dos serviços cotidianos. O estudo do layout das máquinas em qualquer processo produtivo deve ser muito estudado para que maximizem a produção e circulação de produto/matéria-prima dentro do ambiente de trabalho, porém ainda deve permitir a circulação dos trabalhadores/colaboradores e reduzir os riscos laborais. Este artigo tem como objetivo explicar a respeito dos conhecimentos sobre layouts e correlacioná-los com o ambiente de máquinas operatrizes, ou seja, um ambiente no qual a produção é realizada com a usinagem de materiais e ainda assim, promover a segurança dos trabalhadores envolvidos neste processo através do layout. As proteções das máquinas apenas maximizariam a segurança dos operadores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Layout, Máquinas operatrizes, Segurança

### **ABSTRACT**

The machines are indispensable as tools of work or of facilitation of the daily services. The study of the layout of machines in any production process should be studied in order to maximize the production and circulation of product / raw material within the work environment, but it should still allow workers to circulate and reduce labor risks. This article aims to explain the knowledge about layouts and to correlate them with the environment of machine tools, that is, an environment in which the production is carried out with the machining of materials and yet, to promote the safety of the workers involved in this process through the layout. Machine protections would only maximize operator safety.

**KEYWORDS:** Layout, Machine tools, Safety



## 1. INTRODUÇÃO

As máquinas operatrizes, bem como as máquinas em geral, não podem mais ser consideradas como meros artefatos ou itens de luxo. Atualmente, as máquinas são indispensáveis como ferramentas de trabalho ou de facilitação dos serviços cotidianos. Sendo assim, também evoluem tanto tecnicamente quanto de potencial de produção, conseqüentemente, aumentam os riscos gerados aos seus operadores e aos trabalhadores em regiões adjacentes (SILVA, 2005).

Segundo Vilela (2000), “as máquinas, ferramentas e aparelhos, tem papel relevante na geração dos acidentes de trabalho”, pois “quando um engenheiro projeta a máquina, a pedido de um empresário, ele o faz via de regra atendendo uma demanda de maior produtividade, sem considerar os riscos gerados ou a possibilidade de acidentes”.

É importante salientar que existem as NRs da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), dentre as quais, a Norma Regulamentadora 12 (NR-12), que rege as Normas para Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos, estabelecidos em conjunto entre especialistas nas áreas, sindicatos e trabalhadores organizados que visam neutralizar os riscos de lesão e morte aos trabalhadores (AQUINO, 1996).

A disposição das máquinas tem influência direta na cadeia produtiva, seja na movimentação do produto dentro do ambiente fabril para cada etapa do processo, como no risco gerado aos funcionários, sejam eles riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e/ou de acidentes (MAURO, 2004).

## 2. DISPOSIÇÃO DAS MÁQUINAS CONFORME PROCESSO PRODUTIVO

Segundo o site Priberam (2018), “*layout* é o modo de distribuição e arranjo dos elementos gráficos num determinado espaço ou superfície”. A forma como as máquinas são dispostas dentro do ambiente fabril é também chamado de *layout*. “Apesar de parecer apenas um detalhe para alguns, essa é uma das decisões importantes a se tomar durante o planejamento da estrutura de uma indústria. Ele pode atrasar ou otimizar os processos realizados no dia a dia” (PRODUZA, 2018).



## 2.1. DISPOSIÇÃO DAS MÁQUINAS CONFORME PROCESSO PRODUTIVO

Em ambientes cuja produção seja diversa, ou seja, quando há uma diversidade fixa de produtos ou quando há uma variação constante do produto final do processo produtivo, o *layout* deve ser dinâmico ou que permita uma flexibilidade para o atendimento à demanda. Um exemplo é uma fábrica de geladeiras, existem modelos pré-determinados a serem produzidos numa mesma linha, o que exige uma variação conhecida na linha produtiva. Porém, também existem empresas que confeccionam engrenagens e outras peças para montadoras de automóveis ou peças de reposição para maquinários em geral, neste caso, podemos dizer que cada lote de produto produzido é diferente, o que pode exigir um *layout* diferente e movimentação diferente do produto dentro do ambiente. Sendo assim, alguns dos fatores a serem observados para a organização do *layout* são (PRODUZA, 2018):

- Quantidade do produto a ser produzido: quanto maior o número de peças a ser produzido, maior tende a ser a necessidade de automatizar os processos. No caso de produtos com maior valor agregado, a tendência é de que haja mais tempo para executar cada ação;
- Variedade de produtos: se ao longo do dia ou mês a fábrica produz diferentes tipos de produto, o *layout* de fábrica precisa favorecer essa mudança. Tempo, nesses casos, é fundamental;
- Tipo de produto a ser produzido: o tamanho ou a natureza do produto pode exigir um *layout* de fábrica diferenciado. Nesses casos é preciso adaptar-se.

Ao longo dos tempos, a fábrica pode seguir com o seu *layout* intacto, produzindo sempre a mesma gama de produtos que não exija mudanças, mas este mesmo caso pode sofrer pequenas alterações, como a aquisição de novos equipamentos com maior potencial produtivo. De forma idêntica, pode apenas ocorrer o aumento da gama de produtos, o que exigirá a aquisição de novos equipamentos ou mesmo uma movimentação do produto diferente dos demais na linha, causando conflitos e/ou “gargalos” antes inexistentes (CASTRO, 2008).

A escolha correta pode ser o diferencial para que uma linha de produção seja totalmente eficiente, da maneira mais organizada e segura possível. Em alguns casos, além de ser um *layout* estudado e aplicado de forma que maximize o potencial produtivo e



segurança dos profissionais envolvidos, também deve ser pensado na possibilidade deste *layout* ser customizado, pois de acordo com a demanda, seja rapidamente adaptado ao tipo de produção/produto. De acordo com o exposto, é possível traçar quatro tipos de *layouts* de fábrica:

#### **a. *Layout* Linear**

Aparentemente este tipo de *layout* é retrógrado, clássico, imutável, mas é o mais eficiente para alta produção de produtos únicos e com reduzida quantidade de trabalhadores.

As máquinas são dispostas em linha, lado a lado e seguindo a sequência de operações de cada máquina, possui larga escala de produção e baixa diversidade de produtos. Este tipo de linha é dedicado geralmente para que todas as operações ocorram sempre na mesma sequência e da mesma forma, sem possibilidade de variações.

Os processos automatizados são favorecidos por este tipo de *layout*, pois após o término de uma determinada operação, o produto segue naturalmente para a etapa seguinte. Em geral, o produto é encaminhado entre as máquinas através de esteiras e trilhos, possibilitando que a saída do “produto” de uma máquina siga diretamente como “matéria prima” para a próxima máquina. A maior vantagem gerada por este tipo de *layout* é que a produtividade é máxima pelo fato de ser totalmente adaptado para aquele produto, se torna também a maior desvantagem, pois é basicamente impossível realizar adaptações intermitentes para se adequar a outros produtos.

#### **b. *Layout* Funcional**

Nesse tipo de *layout*, as máquinas e processos são divididos por tipo, neste caso as máquinas que realizam as mesmas operações ou serviços são alocados em um mesmo setor, exemplo: todas as máquinas injetoras de plástico que confeccionam as partes de um produto estão dispostas umas do lado das outras, ocupando uma área fixa da planta fabril ou um setor de instalação do cabo de alimentação (fio) das lâmpadas, ou seja, independente do modelo de lâmpada, todas receberão seus cabos no mesmo setor.

Segundo Produza (2018), “este *layout* é mais utilizado para produção em lotes (batelada). A vantagem é que a fábrica pode ter variabilidade de produtos. Varia-se apenas a sequência de locais os quais a peça precisa passar. Outro benefício é o agrupamento de



profissionais de um mesmo setor em um único lugar. Isso facilita a troca de informações e a parceria entre eles”. A desvantagem deste tipo de *layout*, é que em consequência da divisão dos profissionais em setores separados, pode ocorrer um problema de comunicação entre eles e entre setores, e assim ocasionar erros de execução por esta falha de comunicação.

### **c. *Layout* Celular**

Este tipo de *layout* é uma mescla entre os tipos linear e funcional. Tradicionalmente utilizado em processos em que o produto final necessita ser montado com infinitas partes pré-montadas. Logo, as partes ou as matérias primas são direcionadas para seus setores isolados, sendo que estes setores estão distribuídos ao longo do processo produtivo, realizando suas montagens e em seguida, a montagem final. Exemplo: numa linha fabril de geladeiras, as máquinas injetoras de plástico estão distribuídas em pequenos setores de injeção ao longo do processo, assim as injetoras do início da linha confeccionam as carcaças e as injetoras do meio da linha confeccionam as gavetas, assim sendo, as carcaças saem do início da linha e seguem para montagem, e ao chegarem no meio da linha, recebem as gavetas recém confeccionadas.

Mesmo dividido em setores, o objetivo de reduzir o tempo de movimentação do produto na linha de produção segue uma lógica de produção. Através deste tipo de *layout* a velocidade de produção é maximizado agregando flexibilidade e sequenciamento do processo produtivo, pois as células setorizadas podem suprir a linha de produção com os subprodutos diferenciados, atendendo conforme a demanda, o que seria impossibilitado pelos tipos anteriormente citados.

### **d. *Layout* Posicional**

Em alguns casos, o produto final obriga a adaptação do *layout* da fábrica à ele e todos os setores/operações devem ser alocados ao redor dele. Este tipo de configuração faz com que o produto permaneça inerte e tudo/todos passarão à girar em torno dele, exemplo: as fábricas de navio usam deste tipo de *layout*, existem até variações, onde no tipo mais usual, o navio é construído num galpão e depois é “arremessado” ao mar, já no segundo tipo mais usual, o navio é construído numa doca e após a conclusão, a doca é inundada.



Este tipo é adotado quando a movimentação do produto é impossibilitada ou que possa causar danos de alguma forma, assim sendo, os maquinários são específicos e móveis/portáteis, favorecendo o trabalho dos operadores ao redor do produto. Nesses casos, a aplicação dos demais tipos de *layout* pode ocorrer apenas nas fábricas de subprodutos deste, e posteriormente são encaminhados para a montagem no produto final.

## 2.2. NORMAS DE SEGURANÇA PARA MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

A Norma Regulamentadora para Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos (NR-12), rege vários itens à respeito das normas de segurança dos trabalhadores, conforme o sumário da própria norma (GUIA TRABALHISTA, 2018):

- Princípios Gerais;
- Arranjo físico e instalações;
- Instalações e dispositivos elétricos;
- Dispositivos de partida, acionamento e parada;
- Sistemas de segurança;
- Dispositivos de parada de emergência;
- Meios de acesso permanentes;
- Componentes pressurizados;
- Transportadores de materiais;
- Aspectos ergonômicos;
- Riscos adicionais;
- Manutenção, inspeção, preparação, ajuste, reparo e limpeza;
- Sinalização;
- Manuais;
- Procedimentos de trabalho e segurança;
- Projeto, fabricação, importação, venda, locação, leilão, cessão a qualquer título, exposição e utilização;
- Capacitação;
- Outros requisitos específicos de segurança;
- Disposições finais;
- Anexos.



Dentre os artigos da norma, podemos citar alguns dos mais importantes (Guia Trabalhista, 2018):

12.3. O empregador deve adotar medidas de proteção para o trabalho em máquinas e equipamentos...;

12.4. São consideradas medidas de proteção, a ser adotadas nessa ordem de prioridade:

- a) medidas de proteção coletiva;
- b) medidas administrativas ou de organização do trabalho;
- c) medidas de proteção individual.

12.5-A Cabe aos trabalhadores: (Item e alíneas inseridos pela Portaria MTE n.º 857/2015)

a) cumprir todas as orientações relativas aos procedimentos seguros de operação, alimentação, abastecimento, limpeza, manutenção, inspeção, transporte, desativação, desmonte e descarte das máquinas e equipamentos;

12.6. Nos locais de instalação de máquinas e equipamentos, as áreas de circulação devem ser devidamente demarcadas e em conformidade com as normas técnicas oficiais.

12.6.1. As vias principais de circulação nos locais de trabalho e as que conduzem às saídas devem ter, no mínimo, 1,20 m (um metro e vinte centímetros) de largura. (Excluído pela Portaria MTB 98/2018)

12.6.2. As áreas de circulação devem ser mantidas permanentemente desobstruídas.

12.7. Os materiais em utilização no processo produtivo devem ser alocados em áreas específicas de armazenamento, devidamente demarcadas com faixas na cor indicada pelas normas técnicas oficiais ou sinalizadas quando se tratar de áreas externas.

12.8. Os espaços ao redor das máquinas e equipamentos devem ser adequados ao seu tipo e ao tipo de operação, de forma a prevenir a ocorrência de acidentes e doenças relacionados ao trabalho.

Desta forma, em resumo, o *layout* deve atender à demanda do processo fabril, com máxima produtividade possível e sem colocar em risco os trabalhadores envolvidos no processo.



### 3. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado em uma Oficina Mecânica de Usinagem de Materiais, nesta oficina são realizadas as aulas do curso de Graduação de uma Universidade local, além da usinagem de diversas peças para manutenção do Campus e projetos dos alunos de Graduação e Pós Graduação deste Campus. Foram realizadas observações, aplicados questionários e alguns debates com os técnicos operadores das máquinas sobre a disposição atual das máquinas e suas implicações no cotidiano da oficina (SILVA, 2009).

Durante a conversa sobre o *layout* atual, os técnicos informaram que houve uma modificação após uma reforma, antes o *layout* era do tipo celular, ou seja, as células de usinagem eram divididas por tipo de máquinas: um setor de torneamento, um setor de aplainamento, um setor de fresagem e etc. Porém, após a reforma, foram criados setores para atendimento à manutenção/projetos do Campus e setores para as aulas dos cursos de Graduação, solucionando um problema específico: para evitar distrações aos alunos, além da redução dos riscos, não podem ser realizados serviços no mesmo horário das aulas (MONTEMEZO, 2013).

No atual *layout*, os serviços de confecção de peças para os projetos dos alunos dos cursos de Graduação e Pós Graduação podem ser confeccionados em ambientes separados dos ambientes das aulas. Desta forma, a produção do setor, aula e confecção de peças, é maximizada sem comprometer a segurança dos operadores das máquinas e dos alunos (ANTUNES JÚNIOR, 1993). Esta simples ação, tida como ação administrativa pelo artigo 12.4 da NR-12, citado anteriormente, promove uma melhoria em ambos os sentidos (produção e segurança).

Apenas para citar, uma das máquinas mais utilizadas neste Laboratório é uma fonte geradora de ruído e com a mudança do *layout*, esta máquina fica isolada em outro setor, resultando em:

- redução do ruído no setor e eliminação do uso de protetor auricular;
- redução do estresse dos funcionários;
- maior produção devido à não necessidade de interrupção para as aulas.

As máquinas existentes são diversas, algumas mais antigas e outras mais novas, todas em funcionamento, porém algumas já adaptadas à NR-12 e outras não. Em conversa com os técnicos, foi constatado que todos possuem curso superior na área ou em áreas afins, experiência na área de usinagem acima de 10 anos, são bastante conscientes dos riscos envolvidos e que são conhecedores dos seus direitos e deveres como profissionais, inclusive do direito de recusa, caso não se sintam aptos a realizar um determinado trabalho que proporcione um risco maior sem as devidas medidas de segurança (KANNENBERG, 1994).

Um fato que despertou interesse foi a disposição das máquinas operatrizes em ângulo e respeitando sempre a mesma direção, conforme é possível observar na Figura (1).



**Figura 1** Máquinas operatrizes dispostas em ângulo.

Conforme ilustrado na Figura (1), é possível notar a inclinação das máquinas em relação à parede, ou seja, não está disposto de forma ortogonal, o que geralmente se encontra em empresas de outros ramos. Também é possível observar que existe um bom distanciamento entre as máquinas, permitindo uma movimentação livre do operador e, caso necessário, de pequenos equipamentos entre elas. Do lado esquerdo da Figura (1) estão dois tornos mecânicos girados aproximadamente  $30^\circ$  no sentido anti-horário e do lado esquerdo da Figura (1) estão duas fresadoras também giradas aproximadamente  $30^\circ$ , mas no sentido horário.

Na Figura (2), a inclinação é mais evidente e os técnicos informaram a razão pela qual os tornos estão inclinados em um sentido e as fresadoras estão inclinadas ao contrário.



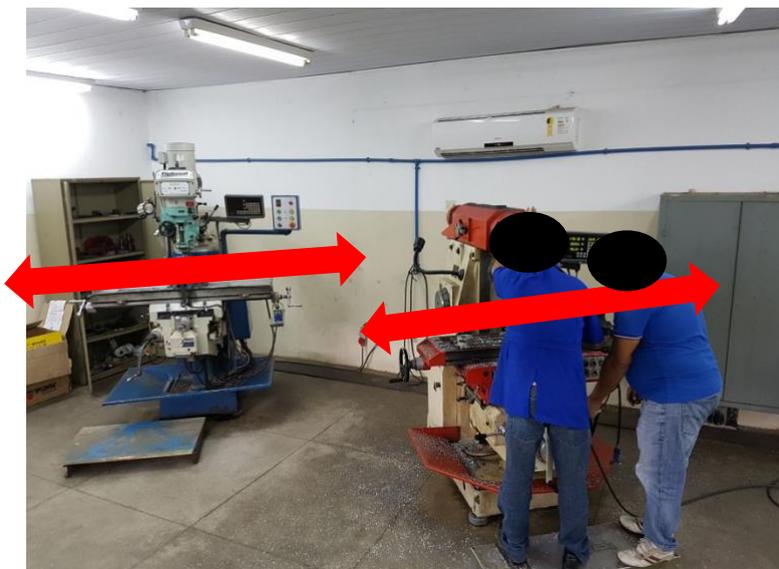
**Figura 2** Máquinas operatrizes dispostas em ângulo.

A frente do torno mecânico sofre uma inclinação antihorária para que o resíduo do material usinado, conhecido como cavaco, não atinja os demais trabalhadores. A explicação dos técnicos é que o cavaco, muitas vezes, ao se desprender do material em usinagem é arremessado da máquina e pode atingir as costas do (s) operador (es) da (s) máquina (s) seguinte(s). As Figuras (3) e (4) ilustram as situações em que o cavaco pode ser arremessado, colocando em risco não só o operador da própria máquina como os operadores das demais máquinas.



**Figura 3** Direção dos cavacos dos tornos.

Da forma como foram inclinados os tornos, ou seja, no sentido de rotação aplicado (antihorário), o cavaco do operador do primeiro torno “irá seguir em campo aberto”, sem atingir o operador do torno ou os operadores das fresadoras e o cavaco do operador do segundo torno, também “seguirá em campo aberto”, sem atingir os operadores das fresadoras. Caso a inclinação fosse realizada no sentido inverso (horário), os cavacos iriam em direção aos operadores das máquinas à sua frente.



**Figura 4** Direção dos cavacos das fresadoras.

A frente da fresadora sofre uma inclinação horária para que o resíduo do material usinado também não atinja os demais trabalhadores. A explicação dos técnicos é a mesma dos tornos. Da forma como foram inclinadas, o cavaco do operador da primeira fresadora “irá seguir em campo aberto”, sem atingir os operadores das máquinas adjacentes.



**Figura 5** Material particulado (cavaco) ao redor da máquina em operação.

Na Figura (4) fica evidente a quantidade de cavaco existente ao redor da máquina após algumas horas de trabalho, pois o piso está coberto com esse material particulado. Também é notório que a área de circulação da fresadora ao lado (máquina à esquerda desta) está praticamente livre deste material, indicando que a inclinação aplicada foi correta.

A Figura (5) ilustra que a região atrás dos operadores da fresadora e em frente ao segundo torno (máquina à direita desta), não existe uma quantidade significativa de cavaco, comprovando novamente a inclinação correta.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso proporcionou um conhecimento amplo sobre *layouts* do ramo da usinagem de materiais, onde aspectos que parecem ser irrelevantes ou desprezados propositalmente, na verdade são de total importância e levados em consideração ao extremo. Os riscos apresentados neste ramo são altos e com as devidas cautelas, são minimizados ao máximo. Ainda que estes riscos mínimos ainda pareçam altos para os



iniciantes, devemos ressaltar que o conhecimento adquirido e aperfeiçoado ao longo do tempo pelos profissionais do ramo tem-se mostrado eficientes.

Quanto à aplicação e adaptação das máquinas à NR-12, ficou bastante claro que as proteções das máquinas apenas maximizariam a segurança dos operadores, mas no que tange a forma de trabalho e disposição destas máquinas em uma planta fabril e/ou oficina seriam as mesmas.

### **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao Corpo Técnico do Laboratório de Oficina Mecânica do Campus I da Universidade Federal da Paraíba, tanto pela receptividade quanto pela paciência, informações fornecidas e conhecimento adquirido ao longo deste estudo.

### **REFERÊNCIAS**

ANTUNES JUNIOR, J. A. V. **A teoria das restrições como balizadoras das ações visando a troca rápida de ferramentas**. Revisão Produção vol.03, nº02, pg 73-85, nov/1993.

AQUINO, J. D. **Considerações críticas sobre a metodologia de coleta e obtenção de dados de acidentes do trabalho no Brasil**. São Paulo, 1996. 106p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo.

CASTRO, M. R. de; FARIAS, S. N. P. de. **A produção científica sobre riscos ocupacionais a que estão expostos os trabalhadores de enfermagem**. Escola Anna Nery Revista de Enfermagem, vol. 12, núm. 2, junho, 2008, pp. 364-369.

GUIA TRABALHISTA, disponível no site <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/NR-12.htm>. Acesso em 29 de setembro de 2018.

KANNENBERG, G. **Proposta de sistemática para a implantação de Troca Rápida de Ferramentas**. Porto Alegre, 1994 – dissertação de Mestrado em Engenharia da Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MAURO, M. Y. C; MUZI, C.D; GUIMARÃES, R. M; MAURO, C. C. C. **Occupational health risks**. R Enferm UERJ 2004; 12:338-45.

MONTEMEZO, R. A. **Implantação das ferramentas de troca rápida de ferramental no setor de usinagem de uma indústria produtora de peças de trator**. n. 2 (2013).

PRIBERAM, **Dicionário Eletrônico**, disponível no site <http://dicionario.priberam.org/layout>. Acesso em 29 de setembro de 2018.



PRODUZA, “**layout de fábrica: conheça quatro variações**”, disponível no site <http://produza.ind.br/tecnologia/layout-de-fabrica/>. Acesso em 28 de setembro de 2018.

SILVA, A. M; ASSUNÇÃO, A. Á. **Negociações sociais para melhoria das condições de trabalho no setor de teleatendimento: o descompasso entre a posição das empresas e a realidade do trabalho**. Interface, Comunic, Saúde, Educ, v.9, n.18, p.553-70, set/dez 2005.

SILVA, A. R. de O; DETONI, C. L; PINHEIRO, D. A. L; PEREIRA, J. P; ROCHA, L. F. da S; MAGALHÃES, N. M; VALEJO, N. G; HAACKE. R; OLIVEIRA, S. P. **Enredando lutas cotidianas: dispositivos de saúde pela cidade**. Fractal: Revista de Psicologia, v. 21 – n. 3, p. 507-520, Set./Dez. 2009.

VILELA, R. A. G. “**Acidentes do Trabalho com Máquinas – Identificação de Riscos e Prevenção**”, Instituto Nacional de Saúde no Trabalho. Kingraf: São Paulo, 2000.