

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
BIANCA MIRANDA LEITE

ESTUDO SOBRE ETAPAS DE ELABORAÇÃO DE ARRANJO FÍSICO

FORMIGA – MG
2014

BIANCA MIRANDA LEITE

ESTUDO SOBRE ETAPAS DE ELABORAÇÃO DE ARRANJO FÍSICO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção do UNIFOR, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção.
Orientador: Prof. Ms. Samuel de Oliveira

FORMIGA – MG

2014

BIANCA MIRANDA LEITE

ESTUDO SOBRE ETAPAS DE ELABORAÇÃO DE ARRANJO FÍSICO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção do UNIFOR, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ms. Samuel de Oliveira
Orientador

Prof. Ms. Luiz de Gonzaga Ferreira Junior
UNIFOR

Formiga, 19 de novembro de 2014.

“O fracasso é a oportunidade de começar de novo com mais inteligência e redobrada vontade.”

Henry Ford

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que me abençoou com o dom da vida e da sabedoria.

Aos meus amados pais, pela dedicação, amor, apoio e todos os conselhos que me guiaram e continuarão a me guiar por toda a minha vida.

A minha irmã, por todo incentivo e carinho oferecido. Aos meus amigos e colegas pelo companheirismo e contribuições ao longo do curso.

Aos meus professores, que propiciaram ao longo desses cinco anos, uma base de conhecimento e aprendizagem. E ao meu orientador, Professor Samuel de Oliveira, pela colaboração, paciência e incentivo para concretização deste trabalho.

RESUMO

Um arranjo físico adequado é essencial para o bom aproveitamento do espaço, proporcionando não só ganhos em termos materiais, mas conforto, segurança e praticidade. Há quatro tipos básicos de arranjo físico, cada um se adequa melhor a características de demanda e variedade da produção, tornando-se necessário o conhecimento destes para uma escolha apropriada do arranjo físico. O presente trabalho demonstra os métodos quantitativos e qualitativos que auxiliam na minimização das movimentações, na melhoria da utilização do espaço físico, no aumento da flexibilidade produtiva e na otimização dos processos. Para simplificar o encontro de desperdícios e gargalos ocasionados por um arranjo físico equivocado é essencial à organização do conhecimento de seus tipos e métodos, e se possível exemplos, em informações úteis e de fácil aprendizado. Este trabalho apresenta uma cartilha que busca determinar a eficiência do arranjo físico de diferentes organizações através do encontro de gargalos e desperdícios, e mostra também, dicas para torná-lo mais eficiente e produtivo.

Palavras-chave: Arranjo-físico. Cartilha. Eficiência.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Volume-variedade.....	16
Figura 2 - Arranjo físico por produto.....	16
Figura 3 – Arranjo físico por processo.....	17
Figura 4 – Arranjo físico posicional	18
Figura 5 – Arranjo físico celular.....	19
Figura 6 – Diagrama de relacionamento	22
Figura 7 - Diagrama de inter-relações entre atividades.....	23
Figura 8 - Diagrama de inter-relações entre espaços.....	24
Figura 9 - Diagrama de precedência	26

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Interligações preferenciais.....	22
Quadro 2 – Razão da proximidade.....	22
Quadro 3 – Interligações preferenciais.....	23

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	25
Equação 2	25
Equação 3	25
Equação 4	25
Equação 5	26
Equação 6	27
Equação 7	27
Equação 8	27

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição das respostas positivas nas questões sobre o arranjo físico posicional	38
Gráfico 2 – Avaliação da eficiência no arranjo físico posicional	39
Gráfico 3 – Distribuição das respostas positivas nas questões sobre o arranjo físico por produto	41
Gráfico 4 – Avaliação da eficiência no arranjo físico por produto	42
Gráfico 5 – Distribuição das respostas positivas nas questões sobre o arranjo físico por processo.....	45
Gráfico 6 – Avaliação da eficiência no arranjo físico por processo	46
Gráfico 7 – Média da eficiência por tipo de arranjo físico	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Problema	12
1.2	Justificativa	13
1.3	Hipótese.....	13
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo Geral	13
2.2	Objetivos específicos	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1	Definição de arranjo físico	14
3.2	Tipos de arranjo físico.....	16
3.2.1	Arranjo por produto ou por linha	16
3.2.2	Arranjo físico por processo ou funcional.....	17
3.2.3	Arranjo físico posicional	18
3.2.4	Arranjo físico celular	19
3.2.4	Arranjo físico misto ou híbrido e flexível.....	20
3.3	Etapas para elaboração de um arranjo físico.....	20
3.5	Métodos para elaboração do arranjo físico.....	21
3.5.1	Planejamento sistemático do arranjo físico (SLP).....	21
3.5.2	Método de Guerchet	25
3.5.3	Balanceamento de linha de montagem.....	25
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	28
4.1	Estudos de caso de arranjo físico por processo	28
4.1.1	Entidade estudantil.....	28
4.1.2	Empresa aparista de papel	29
4.1.3	Indústria moveleira	30
4.2	Estudos de caso de arranjo físico por produto	31
4.2.1	Indústria de bombas d'água	31
4.2.2	Empresa calçadista	31
4.2.3	Indústria transformação de termoplásticos	32
4.3	Estudo de caso de arranjo físico celular	33
4.3.1	Indústria de usinagem metal mecânica	33

4.4	Estudo de caso de arranjo físico posicional	34
4.4.1	Canteiro de obra	34
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	34
5.1	Dados.....	35
6	ANÁLISE E RESULTADOS	36
7	CONCLUSÃO.....	48
	REFERÊNCIAS	48
	APÊNDICE A – Cartilha arranjo físico.....	53

1 INTRODUÇÃO

Minimizar as movimentações, utilizar o espaço físico de forma eficiente, aumentar a flexibilidade produtiva, otimizar o uso dos recursos são estratégias essenciais para que uma organização se torne competitiva. Para isso ocorrer, tem que haver um adequado planejamento da área organizacional.

Um arranjo físico apropriado é fundamental para o bom aproveitamento do espaço, proporcionando lucros em termos materiais e, melhorias na praticidade e no conforto, sendo importante não apenas em organizações de manufatura, mas também em organizações prestadoras de serviço ou que têm as principais atividades em escritórios de negócios.

Planejamento de uma nova organização, expansão da capacidade, a retirada ou acréscimo de um recurso e aumento da área da organização são decisões relacionadas com arranjo físico que podem ser resolvidas utilizando métodos qualitativos ou quantitativos, tornado necessário conhecer estes métodos para elaboração de um arranjo físico adequado.

O método *SLP* (planejamento sistemático do arranjo físico) é um exemplo de método qualitativo que organiza o espaço físico pelas razões de proximidade, os métodos de *Guerchet* e balanceamento de linha de montagem são exemplos de métodos quantitativos, o de *Guerchet* calculando a área necessária, o balanceamento da linha de montagem organizando e minimizando tempos de produção.

O conhecimento de métodos, tipos e exemplos de arranjo físico organizados de forma útil, facilita o encontro de gargalos e desperdícios ocasionados por uma organização equivocada do espaço operacional, e facilita também a reorganização do local para torná-lo eficiente e seguro.

1.1 Problema

Como identificar um arranjo físico apropriado para os diferentes tipos de organizações?

1.2 Justificativa

A inclusão de novos métodos, procedimentos, conceitos, processos e técnicas nas organizações levam a uma análise e atualização no estudo dos arranjos físicos, buscando o aumento da competitividade e otimização de processos.

Para uma contínua melhoria na eficiência da área organizacional, o analista do arranjo físico além de conhecer o arranjo físico da organização tem que conhecer os tipos de arranjo físico e atentar-se constantemente com as novidades sobre o tema.

Portanto, este trabalho se justifica pela necessidade das organizações atualizarem seu arranjo físico, apresentando um guia de sequência concisa e lógica dos passos a serem seguidos para sua melhoria. A realização deste projeto será um importante auxílio para profissionais que pretendem realizar trabalhos nesta área.

1.3 Hipótese

Através de um estudo sobre os tipos de arranjo físico e métodos utilizados na sua elaboração é possível criar um modelo organizacional para o arranjo físico, para ser utilizado como um guia prático para o planejamento do arranjo físico de diferentes organizações.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma sequência de etapas para identificar um arranjo físico adequado a diferentes tipos de organização.

2.2 Objetivos específicos

- Expor fundamentação teórica sobre os conceitos e os métodos que podem ser utilizados para planejamento de um arranjo físico;
- Identificar os tipos de arranjo físico adequado a diferentes organizações;
- Elaborar um questionário para verificar a eficiência do arranjo físico;

- Elaborar um guia prático de como organizar o espaço organizacional com cada tipo de arranjo físico.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Definição de arranjo físico

De acordo com Slack et al. (1997) o arranjo físico define a localização física dos recursos de transformação (equipamentos, materiais, informação, pessoas), e determina também a maneira que estes recursos fluem através da organização.

Planejar o *layout* da instalação significa planejar a localização de todas as máquinas, utilidades, estações de trabalho, áreas de atendimento ao cliente, áreas de armazenamento de materiais, corredores, banheiros, refeitórios, bebedouros, divisórias internas, escritórios e salas de computador, e ainda os padrões de fluxo de materiais e de pessoas que circular nos prédios. (GARITHER; FRAZIER, 2007)

O principal objetivo do arranjo físico é apoiar as estratégias competitivas da operação, havendo-se um entrosamento entre as características do arranjo físico escolhido e as prioridades competitivas da organização. (CORRÊA; CORRÊA, 2008).

O arranjo físico adequado proporciona para a empresa maior economia e produtividade, com base na boa disposição dos instrumentos de trabalho e por meio da utilização otimizada dos equipamentos de trabalho e do fator humano alocado no sistema. (OLIVEIRA, 2000, p. 439).

Segundo Peinado e Graeml (2007) arranjo físico é conhecido como *layout* na língua inglesa, linguagem muito utilizada nas organizações brasileiras. Miranda (1981) cita como objetivo do *layout* a apropriada arrumação dos instrumentos de trabalho para que se possa obter um desenvolvimento do sistema de produção que satisfaça os requisitos da capacidade do equipamento e o máximo do rendimento pessoal, obtendo-se maior economia e produtividade. Assim, há necessidade de se coletar as especificações das rotinas, como suas operações, distâncias, tempos, volumes de serviços, executantes e participantes, postos de trabalho, etc.

Araújo (1994) alega que a demora excessiva, o mau fluxo de trabalho, a grande acumulação de materiais, a má projeção de locais de trabalho, a perda de tempo gasto para se deslocar de uma unidade para outra são indicadores de problemas no arranjo físico.

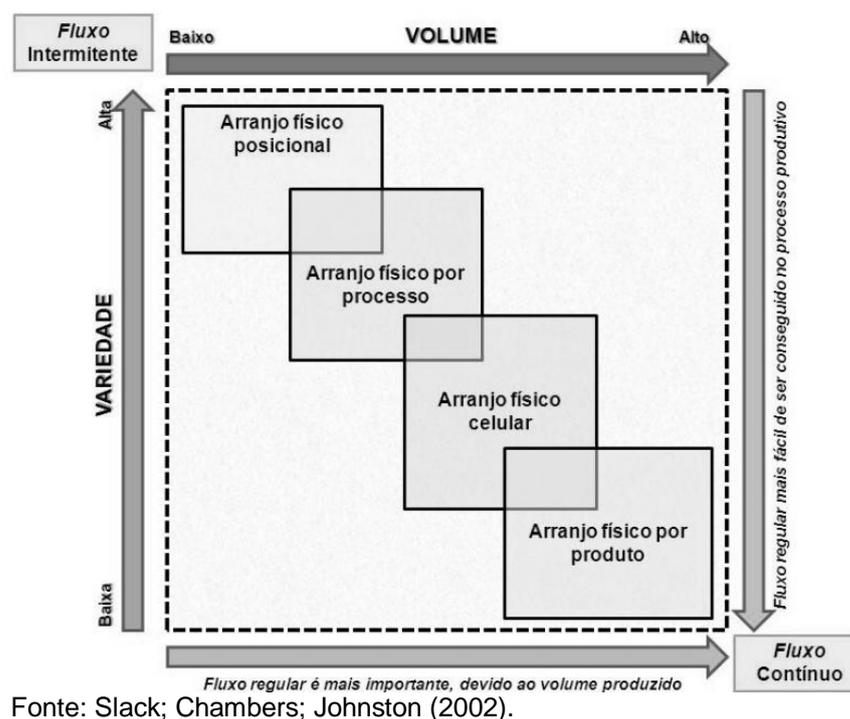
Segundo Vieira (1976) um adequado arranjo físico necessita atender a seis princípios básicos:

- Integração: funcionários e equipamentos devem estar entrosados.
- Mínima distância: manter apenas os movimentos indispensáveis materiais, equipamentos e funcionários, reduzindo ao mínimo a distância entre operações subsequentes.
- Fluxo: o arranjo deve permitir um fluxo constante de material, com o mínimo de espera e de estoque. Retornos e cruzamento precisam ser evitados.
- Uso do espaço cúbico: utilizar as três dimensões, horizontal, vertical e longitudinal.
- Satisfação e segurança: o funcionário satisfeito produz mais e melhor. O arranjo tem que proporcionar o melhor ambiente de trabalho, observando a temperatura, ruído, ventilação, iluminação, dimensões adequadas de corredores, escadas, rampas, saídas, e ter extintores e pronto-socorro de fácil acesso.
- Flexibilidade: o arranjo deve permitir futuras modificações.

Normalmente são definidos quatro tipos básicos de arranjo físico: arranjo físico por produto ou por linha, por processo ou funcional, posicional e celular. Conforme Monks (1987) o tipo de arranjo físico é determinado através das características do produto ou serviço, do tipo de processo necessário para a sua realização e do volume da produção.

Segundo Slack; Chambers; Johnston (2002) o volume e a variedade tem efeito nos diferentes tipos básicos de arranjo físico (FIG. 1). Com o aumento do volume, eleva a importância de se gerenciar bem os fluxos e, com a diminuição da variedade, aumenta a viabilidade de um arranjo físico baseado num fluxo evidente e regular.

Figura 1 - Volume-variedade

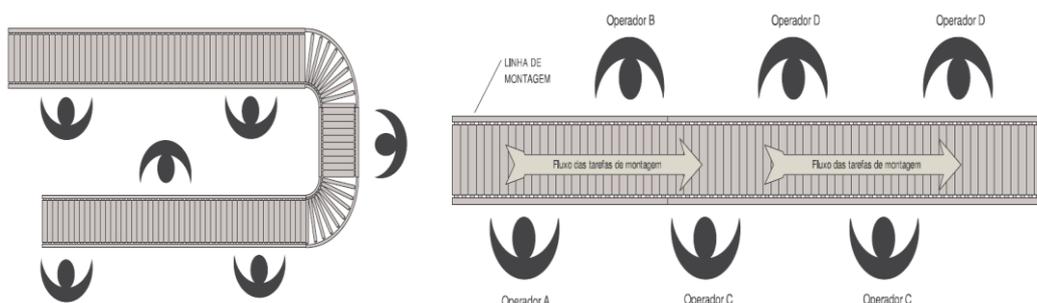


3.2 Tipos de arranjo físico

3.2.1 Arranjo por produto ou por linha

Segundo Moreira (1993) o arranjo físico por produto é utilizado no processo em que se tem uma sequência linear (FIG. 2), um fluxo de recursos totalmente previsível, apropriados para serviços ou produtos que tem um alto grau de padronização, produzidos em grande quantidade e de forma contínua. Para Slack et al (1997) este arranjo envolve localizar os recursos transformadores na melhor sequência para o fluxo dos recursos que está sendo transformado.

Figura 2 - Arranjo físico por produto



Fonte: Peinado; Graeml (2007).

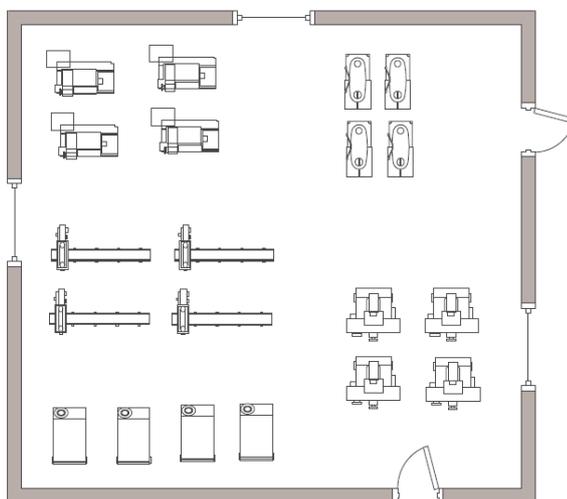
No arranjo físico por produto os recursos são arranjados seguindo as necessidades do processamento do produto, assim já se sabe a sequência que os recursos terão que ser localizados, deve-se decidir a alocação das tarefas a essa localização. O planejamento dessa alocação é chamado de balanceamento de linha, onde é necessário saber o tempo de ciclo, quantidade de estágios, como lidar com variações de tempo de cada tarefa, e como balancear e arranjar os estágios. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Produtos muito padronizados, sequência de operação bem determinada, alto investimento em equipamentos, grande produtividade, pouca flexibilidade, dificultando adaptações na produção, são características do arranjo físico por produto, mencionadas por Bulgacov (1999), essas características deixam a produção mais suscetível a parada total da linha.

3.2.2 Arranjo físico por processo ou funcional

De acordo com Monks (1987) os arranjos físicos por processo agrupam o pessoal e os equipamentos que realizam as mesmas funções (FIG. 3), é aplicado em organizações que necessitam de sistemas flexíveis para o trabalho. Para Moreira (2001) este arranjo físico “tem como características a adaptação à produção de uma linha variada de produtos ou à prestação de diversos serviços, cada produto passa pelos centros de trabalho necessários, formando uma rede de fluxos.” Assim as taxas de produção são normalmente baixas.

Figura 3 – Arranjo físico por processo



Fonte: Peinado; Graeml (2007).

Garither e Frazier (2007) descrevem que o arranjo por processo exige alta habilidade dos funcionários, pois normalmente as máquinas tem uso geral, e são agrupadas de acordo com o tipo de processo executado, necessitando que os funcionários se adaptem rapidamente a grande variação de operações a serem realizadas para cada tipo de produto, sendo preciso também, planejamento e supervisões constantes, para garantir uma quantidade ótima de trabalho.

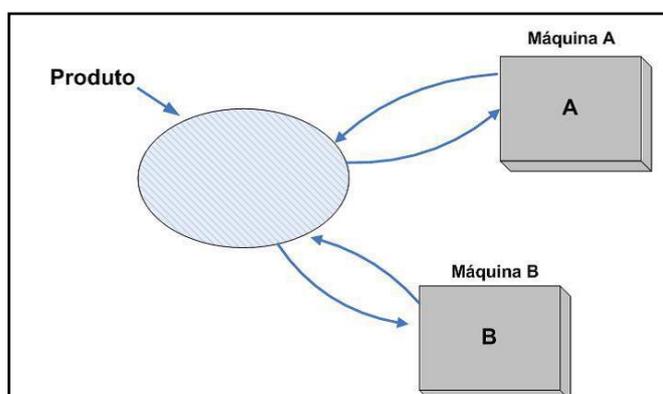
Bulgacov (1999) determina como vantagens do arranjo físico por processo, a flexibilidade da produção, o alto grau de especialização nos centros de trabalho, o baixo custo fixo se comparado com arranjo físico por produto. E, como desvantagens, a complexidade da programação da produção, a baixa economia de escala e propensão de estoques elevados.

Slack, Chambers e Johnston (2002) descrevem como principal objetivo do arranjo físico por processo, minimizar os custos para operação, mas para algumas organizações é mais importante maximizar o aproveitamento relacionado aos fluxos, e outras organizações simplesmente baseiam a eficácia do arranjo físico pelas distâncias totais percorridas.

3.2.3 Arranjo físico posicional

Arranjo físico posicional ou por posição fixa o produto ou sujeito ao serviço fica estacionário, por causa do peso, tamanho, delicadeza ou impossibilidade de locomoção, assim os recursos transformadores que se movem até ele para a realização do serviço, como representado na FIG. 4. (SLACK et al., 1997).

Figura 4 – Arranjo físico posicional



Fonte: Martins; Laugeni, (2006).

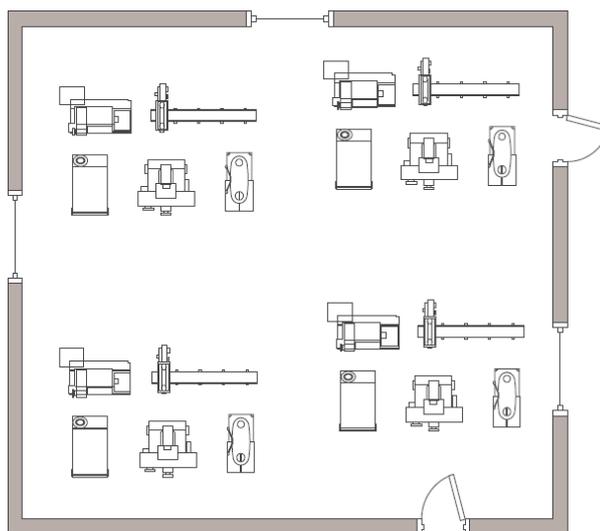
Caracteriza-se de acordo com Bulgacov (1999, p. 315) “pelo baixo volume de produção e pela alta variedade”, necessitando usualmente de alta flexibilidade.

No arranjo físico posicional busca-se definir a localização dos recursos transformadores pela conveniência de suas proximidades entre si, de modo que maximizem sua contribuição ao processo de transformação. Existem técnicas para auxiliar na elaboração deste tipo de arranjo, como a análise de recursos locacionais que avalia a forma que os recursos interagem entre si, e os efeitos de localizar esses recursos em todas as localizações disponíveis. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSNSTON, 2002).

3.2.4 Arranjo físico celular

Segundo Peinado e Graeml (2007) arranjo físico celular consiste em agrupar em células os recursos transformadores, sendo que em cada célula o produto ou serviço pode ser totalmente realizado, como é mostrado na FIG. 5. Conforme Slack et al. (1997) a célula pode ser organizada de acordo com um arranjo físico por processo ou por produto. Tem como vantagem um bom ajuste entre custo e flexibilidade.

Figura 5 – Arranjo físico celular



Fonte: Peinado; Graeml (2007).

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2002) no arranjo físico celular as decisões são tomadas em relação ao porte e natureza das células que decidiu

adotar, e a quais recursos alocar para cada célula. E para alocação de recursos nas células tem que buscar um acordo entre a flexibilidade do arranjo físico por processo que tem como foco a localização dos recursos e agrupamento de processos, e a simplicidade do arranjo físico por produto que o foco já é as características e requisitos do produto. Um dos métodos mais conhecidos para alocar os recursos nas células, é análise do fluxo de produção (*production flow analysis*), que analisa os requisitos do produto e do processo simultaneamente.

3.2.4 Arranjo físico misto ou híbrido e flexível

A maioria das organizações usa uma combinação de tipos de arranjo físico básicos, utilizando cada tipo de arranjo físico em um departamento ou combinando algumas características básicas de vários arranjos físicos, obtendo um arranjo físico misto. (SLACK et al., 1997).

Arranjo físico flexível consiste em arranjos que necessitam de constantes mudanças.

Como é comum o aumento de introdução de novos produtos, algumas empresas tentam aumentar a facilidade com que configuram e reconfiguram novos setores produtivos, novas células de produção, entre outros. Para isso, optam, quando possível, por tecnologias e equipamentos de menor porte (para facilitar sua movimentação para novas configurações), às vezes sobre rodas com demarcações no chão definindo setores ou células feitas, não com tinta, mas com fitas adesivas. (CORRÊA; CORRÊA, 2008, p. 419).

3.3 Etapas para elaboração de um arranjo físico

Segundo Cury (1995) algumas etapas devem ser seguidas para elaboração do arranjo físico:

- Levantamento: reunir dados sobre a organização, as áreas, os fluxos, o volume de produtos;
- Crítica do levantamento: analisar os dados reunidos, comparar o que está descrita nos manuais, com o que se encontra na prática, utilizar um fluxograma para análise dos fluxos;
- Planejamento da solução: detalhar em um desenho em escala a melhor maneira de organizar o arranjo físico, através das análises já realizadas;
- Crítica do planejamento: analisar o arranjo físico proposto, verificando se as necessidades atuais e futuras serão atendidas;

- Implantação: realizar as mudanças propostas;
- Controle dos resultados: acompanhar se as mudanças atingiram os objetivos.

Para Schmenner (1999) os passos a serem seguidos para implantação de um arranjo físico são:

- Examinar o fluxo de processo se existe um fluxo dominante e os limites de arranjo impostos pelo processo;
- Analisar quais matérias transitam pelo sistema, quais centros de trabalho tem necessidade de proximidade;
- Determinar a quantidade de espaço para cada centro de trabalho.
- Escolher o tipo de arranjo que satisfaça o fluxo;
- Determinar os fluxos de tráfego.

De acordo com Slack et al. (1997) para a projeção de um arranjo físico de uma organização deve iniciar-se compreendendo os objetivos estratégicos, em seguida escolher o tipo de processo, analisando as características de volume e variedade em relação aos objetivos, depois selecionar um tipo de arranjo físico básico, e através deste tipo básico definir um projeto detalhado de arranjo físico.

3.5 Métodos para elaboração do arranjo físico

3.5.1 Planejamento sistemático do arranjo físico (SLP)

Segundo Muther (1978) o sistema SLP (Systematic Layout Planning) é baseado nas inter-relações, que é o grau de proximidade dos recursos, no espaço dos itens a serem posicionados, e no ajuste que é o arranjo das áreas e equipamentos da melhor maneira possível, englobando estes três conceitos há seis passos a serem seguidos para elaboração de arranjo físico através do sistema SLP.

- Passo 1: Usando as classificações das vogais mostradas no QUADRO 1 identificar a importância da proximidade necessária ou desejada entre cada par de atividades elaborando um diagrama de relacionamento (FIG. 6), e pode-se indicar também a razão para essa proximidade, utilizando o QUADRO 2, ou elaborando um semelhante.

Quadro 1 – Interligações preferenciais

Classificação	Inter-relação
A	Absolutamente necessária
E	Muito importante
I	Importante
O	Pouco importante
U	Desprezível
X	Indesejável

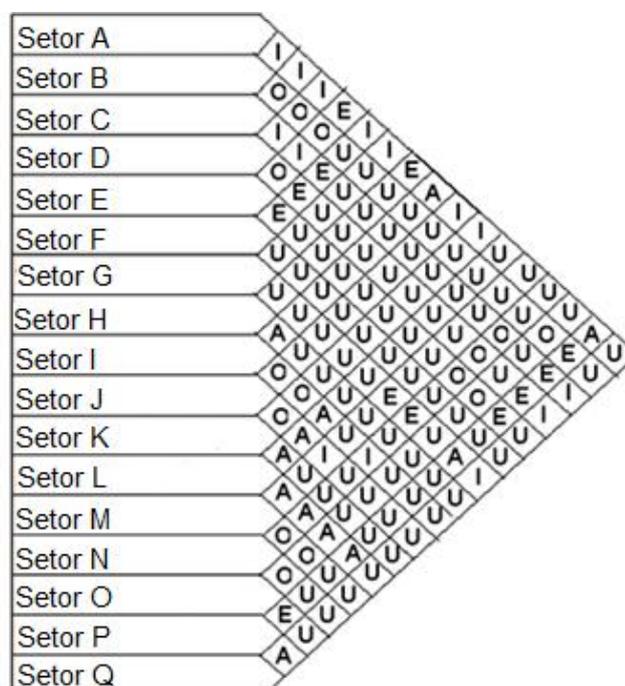
Fonte: Transcrito de Muther (1978)

Quadro 2 – Razão da proximidade

Código	Razão
1	Sequência do fluxo de material
2	Uso comum de equipamento
3	Mesmo pessoal
4	Mesmo espaço
5	Grau de contato pessoal
6	Fluxo de papéis
7	Uso de registros comuns
8	Trabalho semelhante
9	Barulho, vibração, fumaça e riscos
10	Outros

Fonte: Transcrito de Muther (1978)

Figura 6 – Diagrama de relacionamento



Fonte: Tortorella; Fogliatto (2008).

- Passo 2: Estabelecer para todas as atividades listadas no passo 1, a área total necessária para cada atividade, uma forma de calcular estas áreas é aplicar o método de *Guerchet* abordado posteriormente.

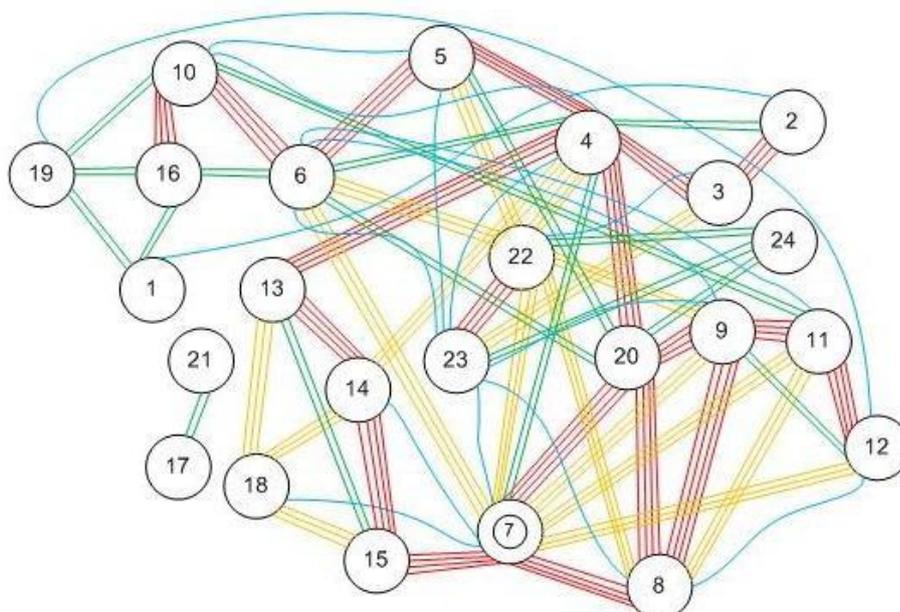
- Passo 3: com o diagrama de relacionamento feito no passo 1, elaborar um diagrama de inter-relações entre atividades (FIG. 7), onde o círculo representa a atividade, e as linhas paralelas representam grau de proximidade, A por ser o mais alto grau de proximidade sendo representado com 4 linhas como mostra o QUADRO 3. O objetivo é reunir as atividades com alto grau de proximidade e colocar as atividades com baixo grau de proximidade mais distante. O diagrama pode ser reconstruído várias vezes para melhor arranjo das inter-relações.

Quadro 3 – Interligações preferenciais

Classificação	Nº linhas
A	4
E	3
I	2
O	1
U	Em Branco
X	Em Branco

Fonte: Adaptado de Muther (1978)

Figura 7 - Diagrama de inter-relações entre atividades

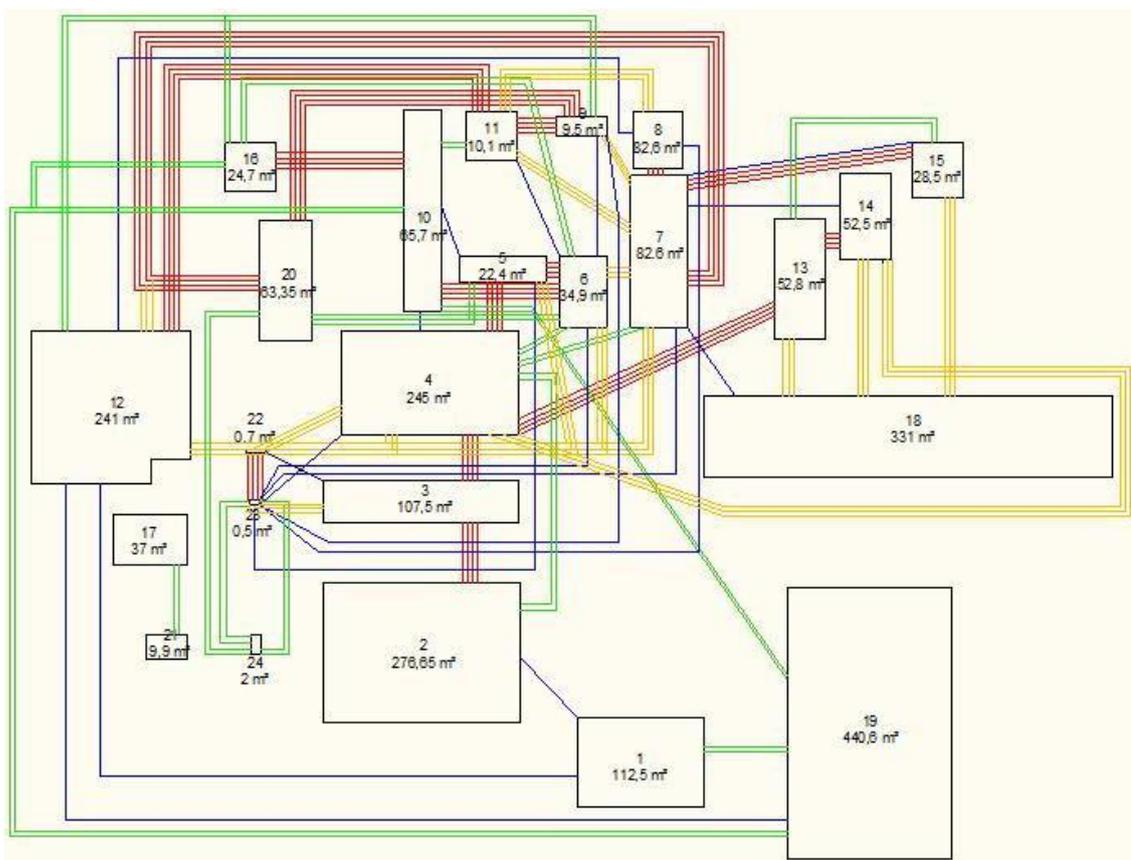


Fonte: Oliszkeski, C.; et al

- Passo 4: de acordo com o diagrama elaborado no passo 3, desenhar um diagrama de inter-relações entre espaços (FIG. 8) em escala, substituindo os círculos pelo desenho da área total de cada atividade calculada no passo 2,

arranjado algumas modificações no diagrama da FIG. 7 considerando a disponibilidade de suprimentos, às conveniências de pessoal, controle e procedimentos, às características dos prédios, à configuração dos equipamentos, à facilidade de acesso. O ideal elaborar mais de um diagrama.

Figura 8 - Diagrama de inter-relações entre espaços



Fonte: Oliszeski, C.; et al

- Passo 5: analisar os diagramas de espaço, escolher o mais eficiente.
- Passo 6: o passo final é desenhar o arranjo físico em escala utilizando o diagrama de espaço escolhido.

De acordo com Moreira (1993) SLP é um método qualitativo, que permite a avaliação subjetiva, baseada em mais de um critério, o analista estabelece para cada par de centros de trabalho o grau de conveniência em ficarem próximos ou distantes, elaborando um diagrama de relacionamento. Depois de estabelecidos os graus de proximidade, adaptam-se os centros de trabalho à área existente para o arranjo físico, respeitando o máximo possível os graus de proximidade.

3.5.2 Método de *Guerchet*

O método de *Guerchet* é utilizado para o cálculo da área total do arranjo físico, e segundo Oliveira (2000) para esse cálculo deve-se considerar:

Superfície Estática (S_e): área da projeção do equipamento sobre o solo, pode ser obtida medindo-se diretamente o equipamento ou a partir do catálogo do fabricante.

Superfície de gravitação (S_g): área utilizada para circulação do operador em torno do posto de trabalho, é obtida da EQUAÇÃO 1 mostrada a seguir:

$$S_g = N \times S_e \quad (1)$$

onde, N é o número de lados do equipamento utilizado pelo operador.

Superfície Circulação (S_c): área necessária a movimentação entre os postos de trabalho, e para o acesso ao centro de produção, é obtida através da EQUAÇÃO 2 mostrada a seguir:

$$S_c = (S_e + S_g)K \quad (2)$$

Segundo Cabanillas (2004) K é um coeficiente de circulação único de toda a planta que varia entre 0,05 e 3,00, é dado pela EQUAÇÃO 3.

$$K = \frac{AO}{2(DM)} \quad (3)$$

onde:

AO é a altura máxima dos objetos deslocados

DM é dimensão média de móveis e máquinas

Superfície Total (S_t): área total necessária. Calcula-se através da EQUAÇÃO 4 apresentada a seguir:

$$S_t = S_e + S_g + S_c \quad (4)$$

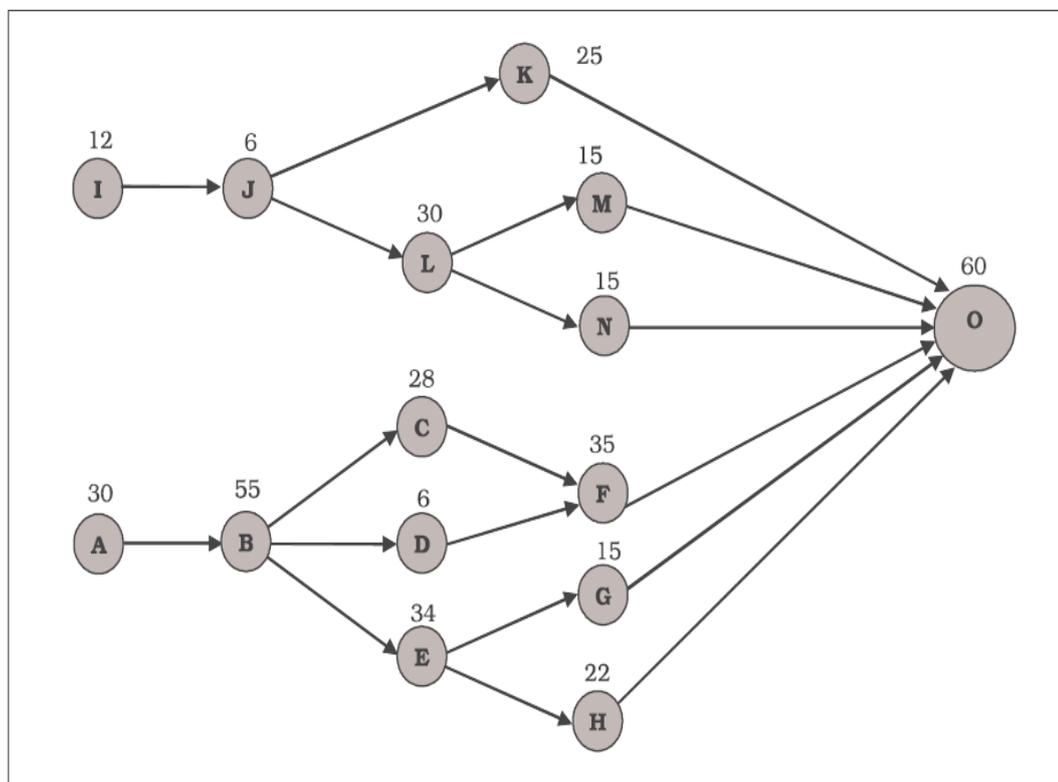
3.5.3 Balanceamento de linha de montagem

Para a elaboração de um arranjo físico por produto é utilizado o balanceamento de linha de montagem que “é a divisão das atividades de trabalho sequencial em postos de trabalho, a fim de obter uma alta utilização da mão de obra e do equipamento e assim minimizar o tempo ocioso”. (MONKS, 1987, p. 97).

Davis, Aquilano e Chase (2001) citam os seguintes passos a serem adotados para balancear uma linha de montagem:

- Passo 1: Especificar a relação sequencial entre as tarefas utilizando um diagrama de precedência (FIG. 7). O diagrama tem círculos e setas, os círculos representam tarefas individuais, as setas indicam a ordem do desempenho da tarefa, e os números sobre os círculos representam o tempo necessário para realização de cada tarefa.

Figura 9 - Diagrama de precedência



Fonte: Peinado; Graeml (2007).

- Passo 2: Determinar o tempo de ciclo, que é o tempo que decorre entre unidades sucessivas saindo do final da linha, e é calculado analisando a demanda de tempo provável dos produtos e a quantidade de tempo disponível para a produção durante o mesmo intervalo, através da EQUAÇÃO 5, apresentada a seguir:

$$TC = \frac{TP}{DE} \quad (5)$$

onde:

TC é tempo de ciclo

TP é tempo de produção disponível

DE é demanda

- Passo 3: Determinar o número mínimo teórico de estações de trabalho, necessário para satisfazer a restrição de ciclo, que é calculado através da equação (6) mostrada a seguir:

$$N = \frac{\Sigma T}{TC} \quad (6)$$

onde:

N é quantidade estações de trabalho

T é tempos das tarefas individuais

TC é tempo de ciclo

Considerar o número inteiro sucessivo ao N encontrado.

- Passo 4: Delegar tarefas, uma de cada vez, a cada estação de trabalho começando da primeira estação e assim sucessivamente até que a soma dos tempos de cada estação seja igual ou o mais próximo possível ao tempo de ciclo.
- Passo 5: calcular o tempo ocioso de cada estação, através da diferença entre o tempo de ciclo e a soma dos tempos de cada estação, como mostra a equação (7):

$$TO = TC - TE \quad (7)$$

onde:

TO é tempo ocioso

TC é tempo de ciclo

TE é tempo utilizado em cada estação

- Passo 6: Avaliar a eficiência da linha de montagem resultante, utilizando a equação (8) apresentada a seguir:

$$E = \frac{\Sigma TO}{N \times C} \quad (8)$$

- Passo 7: Se a eficiência é insatisfatória, balancear novamente a linha, delegando as tarefas de modo diferente.

De acordo com Peinado e Graeml (2007) o balanceamento da linha de produção consiste na atribuição de tarefas as estações de trabalho, de forma que todas as estações demandem aproximadamente o mesmo tempo para a execução das tarefas, minimizando assim o tempo ocioso.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Estudos de caso de arranjo físico por processo

4.1.1 Entidade estudantil

Um estudo de caso foi realizado por Joaquim e Borda (2007) no ambiente de trabalho da entidade estudantil Programa de Educação Tutorial da Engenharia de Produção (PET-Produção) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Este trabalho apresentou os passos a serem seguidos, utilizando em algumas etapas uma adaptação do método SLP, para que sirva de base à elaboração ou modificação do arranjo físico de setores administrativos.

A PET-Produção da UFSC apresenta ultimamente uma grande rotatividade de seus membros, teve que adequar as práticas do seu Sistema de Gestão de Qualidade, para a melhoria contínua de seus processos e a qualidade dos processos internos e serviços prestados. Uma das formas encontradas foi a padronização das atividades através da criação de procedimentos para a realização das mesmas. Foi verificada a necessidade de uma reestruturação no arranjo físico.

Em um escritório deve-se procurar colocar as pessoas ou postos de trabalhos, que desenvolvem atividades em comum ou relacionadas às mais próximas possíveis, evitando que haja cruzamento de fluxo de informações, materiais e pessoas. A metodologia proposta contempla etapas que envolvam a inserção dos usuários e o grau de relacionamento entre os setores.

Inicialmente foi feito um levantamento de informações sobre o *layout* atual, os setores, os postos de trabalho e os equipamentos de uso comum, para mais informações foi aplicado um questionário de satisfação com os membros do PET – Produção. A partir dos questionários foi realizada uma tabulação dos dados para as informações serem analisadas. Com os dados foi elaborada uma tabela de relacionamento baseado no método SLP. Depois foi determinada a área necessária para cada setor e posto de trabalho, e as vias principais foram dimensionadas com no mínimo um metro e vinte centímetros de largura.

Com todas as informações foram elaboradas várias propostas de layout para o PET – Produção, estas propostas foram apresentadas aos usuários onde uma proposta foi escolhida.

4.1.2 Empresa aparista de papel

Dutra (2008) apresentou um estudo de caso onde foram observadas as atividades produtivas, desde a fase de recebimento de matéria-prima até a expedição do produto acabado, e foram destacados os pontos críticos do processo. O estudo foi realizado na empresa Copamig – Comércio e Transporte de Resíduos Ltda., localizada na cidade de Juiz de Fora – MG, e foi direcionado para a área de produção de aparas de papel. Como resultados este trabalho apresenta melhor aproveitamento do espaço físico, redução de tempos de processos e fluxos contínuos e orientados, projetados a partir de uma solução viável para a organização.

Foi feito um levantamento da situação atual da empresa, analisando a distribuição do espaço, a área total e a área ocupada por cada setor, depois se fez uma descrição dos equipamentos, onde constatou que a prensa, triturador e esteira transportadora apresentam posição fixa e não devem ser alterados por razões econômicas, foi verificado também, que os materiais são transportados por caminhões e empilhadeiras, e registrado a quantidade de colaboradores e suas funções. Foi elaborado um fluxograma, onde foram identificados todos os fluxos de materiais. Com todos os dados foi feito um diagnóstico dos pontos críticos do *layout* e do processo.

Para o planejamento do arranjo físico por processo foi utilizado o método SLP para elaborar um diagrama de relacionamento para avaliar a proximidade entre os diversos setores, e foi definida a ordem dos setores de trabalho. As áreas mínimas necessárias de cada setor de trabalho foram determinadas a partir de informações sobre o volume de produção atual, para um mix de produtos igual ao produzido nos últimos meses.

A criação do *layout* final foi iniciada com o desenvolvimento do diagrama de blocos considerando os espaços envolvidos. As áreas atuais foram representadas individualmente por um número equivalente de blocos móveis, dos quais formaram vários arranjos dispostos na área total, respeitando a instalação já existente para não haver necessidade de construções.

Depois foi feito um detalhamento do *layout* no galpão de produção onde foi calculado através do método de *Guerchet* a superfície estática, a superfície de utilização e a superfície de circulação. Com estas informações foi desenvolvido,

auxiliado pela ferramenta CAD, um desenho representativo das máquinas da produção e das áreas necessárias para a operação produtiva.

Foi elaborado um relatório agrupando todas as informações pertinentes ao estudo e foram avaliados os benefícios de cada proposta de melhoria. Com todas as áreas construídas foi feito um comparativo entre o *layout* antigo e o *layout* proposto. Os resultados obtidos foram favoráveis para o novo arranjo físico devido à diminuição dos tempos de certas atividades produtivas.

4.1.3 Indústria moveleira

Loureiro (2011) realizou o estudo de caso em uma indústria moveleira de grande porte localizada em Linhares-ES, onde foi aplicado o estudo de planejamento de arranjo físico. A empresa tem uma produção média de 10.000 volumes por semana, que compõe mais de 800 produtos, se caracteriza pela produção seriada de móveis retilíneos, onde a principal matéria-prima são os painéis de madeira de reflorestamento e de madeira reconstituída. Cada produto é dividido em até sete volumes, que são formados por componentes os quais possuem similaridade de processamento.

Foi realizado um levantamento de dados, onde foi identificado o tempo de processamento de cada peça, e coletado os dados de quais recursos a peça é processada. Depois foi feita uma descrição do processo produtivo, que é dividido em estocagem de insumos, corte das chapas, perfilagem e colagem de bordos, furação das peças, pintura, embalagem e expedição. Com esses dados foi elaborado um fluxograma do processo produtivo

Para elaboração do arranjo físico por processo foi aplicado o método SLP, onde foi feito um diagrama de relacionamento, considerando cada atividade, área, função ou características importantes das instalações, envolvidas no *layout* considerado, determinado o grau de proximidade desejado. Depois foi estabelecido para cada atividade à área necessária, suas características físicas e as utilidades (água, luz), e qualquer restrição que exista na configuração da empresa, foi coletado também a área total da empresa que é dividida em três unidades, onde a área da unidade I é aproximadamente 6.003,182 m², da unidade II é aproximadamente 5.499,088 m² e da unidade IV aproxima de 6.686,180 m².

Em seguida as atividades foram relacionadas visualmente e graficamente entre si, considerando o grau de proximidade, criando diagramas de relações. Depois utilizando estes diagramas é colocada a área necessária para cada atividade, fazendo ajustes ou rearranjos necessários para integrar todas as considerações de modificação nas unidades existentes, elaborando diagramas de relações de espaço. Destes, é selecionado o arranjo mais adequado analisando os fatores que a empresa deseja alcançar com o *layout*. Com o arranjo selecionado foi desenhado os equipamentos e características do *layout*.

4.2 Estudos de caso de arranjo físico por produto

4.2.1 Indústria de bombas d'água

Aguiar, Peinado e Graeml (2007) realizaram um estudo de caso em uma empresa do ramo industrial fornecedora de bombas d'água, que necessita instalar uma linha de montagem de um novo tipo de bomba d'água, a demanda estimada é de 150 a 200 peças por dia. A empresa trabalha um turno de oito horas por dia.

Foi realizada uma coleta de dados dos tempos necessários para cada operação, e as operações predecessoras, com esses dados montou um diagrama de precedência, e calculado o tempo de ciclo desejável, o número de estações, depois foi feito o balanceamento da linha de produção, alocando as tarefas às estações, de modo que tenha a menor ociosidade.

4.2.2 Empresa calçadista

O estudo de caso foi realizado por Colares (2008) em uma empresa do setor calçadista, localizada na cidade de Campos dos Goytacazes, estado do Rio de Janeiro, onde foi feito uma mudança no arranjo físico da empresa, reduzindo as distâncias entre as estações na linha de produção através da eliminação dos desperdícios.

Para analisar o processo produtivo, primeiramente, foi feito o levantamento de todas as etapas existentes na produção da sandália "X", produto responsável por aproximadamente 70% do faturamento anual da empresa em estudo. Listadas as

etapas, foi confeccionado o fluxograma do processo e o mapofluxograma, que é a transposição do fluxograma sobre a planta da fábrica onde se realiza o processo.

Foi feita uma coleta de dados aleatórios dos tempos envolvidos na produção para determinação dos tempos padrões de todas as etapas, foi construído o diagrama de precedências com essas etapas e calculado o tempo de ciclo. Com o tempo de ciclo, agruparam-se as etapas e obteve o número de estações existentes na produção, buscando o balanceamento da linha de montagem.

Depois da análise do processo produtivo, estimaram-se as distâncias existentes entre os diversos postos. Baseando-se tais distâncias e analisando-se o mapofluxograma do processo, verificou-se a existência de distâncias desnecessárias e demais. Com isso, foram confeccionadas várias propostas para uma possível mudança no arranjo físico. Por último, foi feito o estudo dos resultados obtidos com a implantação do novo arranjo físico, calculando a eficiência na linha de montagem da sandália “X”.

4.2.3 Indústria transformação de termoplásticos

Pache (2012) realizou um estudo de caso na empresa Polistar Indústria e Comércio de Plásticos Ltda., que possui um quadro de funcionários de 45 colaboradores, e está localizada em Santa Rosa no estado do Rio Grande do Sul. Atualmente a empresa tem seus processos divididos em três prédios, no prédio de maior tamanho há o processo de reciclagem que é separado do processo de extrusão e da injeção por uma parede, já o processo de usinagem se encontra num outro prédio localizado do outro lado da rua.

Inicialmente foi feito um levantamento do *layout* atual, listando todos equipamentos e procedimentos utilizados no processo, a partir da análise do *layout* atual foi elaborado um mapa de fluxo de valor onde foi considerando toda a estrutura dos processos de manufatura da empresa, optou-se pelo processo contínuo de um dos produtos com mais representatividade em termos de faturamento, foi realizado medições em todo o processo e calculado o tempo de ciclo de cada etapa. Analisando o mapa de fluxo de valor identificou alguns desperdícios.

Foi elaborado um dimensionamento do *layout* através do método de Guerchet, e analisado também um macro fluxo e interação entre os processos. Com todos os dados coletados e calculados foi elaborado um novo arranjo físico onde foi

levado em conta a minimização dos desperdícios, assim foram alocadas todas as máquinas e equipamentos na área disponível. Com o novo *layout* foi realizado outro mapa de fluxo de valor, e comparado os dois mapas notou uma diminuição de 37,71% no *lead time* de entrega, e um aumento de 62,25% na capacidade produtiva.

4.3 Estudo de caso de arranjo físico celular

4.3.1 Indústria de usinagem metal mecânica

O estudo de caso realizado por Oliveira e Leitão (2013) foi em uma indústria de usinagem metal mecânica que produz para o segmento de óleo e gás, foi feito um projeto de instalações baseado em um arranjo celular, para reduzir o percurso total dos recursos transformados e facilitar a gestão visual da fábrica, levando em consideração a melhor relação custo-benefício para a aplicação do novo arranjo físico.

Primeiramente, foi realizada uma coleta de informações para seleção do tipo de arranjo físico a ser adotado, observando o volume e a variedade da produção, notou-se que o layout atual é por processo, mas devido ao aumento do volume de produção decidiu modificar para o arranjo físico celular.

Depois de decidido o arranjo físico a ser adotado, fez uma coleta de dados dos roteiros das atividades de produção das peças, com essas atividades foi elaborado um diagrama de relacionamento através do método SLP, depois foi determinado o espaço e as características necessárias do local para cada atividade.

A partir dos dados coletados foram identificadas possibilidades teóricas de arranjo físico. Foi feito um modelo com diagrama de um arranjo físico celular totalmente individualizado, um modelo com maior compartilhamento de recursos e um modelo com só alguns recursos compartilhados, essas três alternativas foram representadas na planta de operação. Depois foi escolhida uma das alternativas, analisando qual apresentava menor fluxo de pessoas e materiais, menor percurso total e maior facilidade de controle e supervisão.

Com a alternativa escolhida, que no caso foi a com alguns recursos compartilhados, foi feito um detalhamento do *layout*, com o auxílio da planta elaborada para essa alternativa e com as necessidades específicas de espaço de cada atividade.

4.4 Estudo de caso de arranjo físico posicional

4.4.1 Canteiro de obra

O estudo de caso feito por Ribeiro (2011) analisou a estrutura da organização espacial de um canteiro de obra de uma ampliação de um *shopping Center* em Feira de Santana, sendo o canteiro estudado do tipo restrito, foi sugerido melhorias no intuito de maximizar a utilização do espaço disponível e garantir produtividades nos processos e segurança para os envolvidos.

Foi realizado um levantamento de dados através de observação do canteiro de obra e aplicação de um questionário sobre a armazenagem dos materiais e também da disposição do arranjo físico atual nas áreas de vivência, apoio e produção. O canteiro estudado apresentou certo empecilho na armazenagem de alguns materiais como aço e agregados. O armazenamento destes materiais tornou-se difíceis por serem solicitados em grandes quantidades em virtude da velocidade da execução do empreendimento em questão e por causa do tipo canteiro de obra que era limitado por se tratar de um *layout* do tipo restrito.

Com os dados coletados foi feito um diagrama de relacionamento das atividades com método SLP, depois um mapofluxograma foi elaborado a partir da análise do diagrama de relacionamento, com o mapofluxograma e a relação do grau de proximidade das atividades foi criando um novo arranjo físico. O processo escolhido para comparação foi o de confecção de armaduras, porque neste serviço foi observado pelo pesquisador maior perda de material. Na proposta do novo arranjo físico notou-se que houve aumento da distância percorrida, porém com a nova área de armazenamento do aço utilizando um terreno vizinho propriedade de uma das empresas parceiras do empreendimento, a perda do aço seria reduzida.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado através de uma pesquisa descritiva, de acordo com Cervo, Bervian e da Silva (2007) este tipo de pesquisa ocorre quando se registra, analisa e correlaciona fatos ou elementos, sem manipulá-los. Segundo Barros e Lehfeld (2000) por meio de pesquisas descritivas, procura-se descobrir com

que frequência um fato ocorre, sua natureza, suas características, causas, relações e conexões com outros fatos.

Para o desenvolvimento do presente trabalho utilizou-se uma metodologia com base nos conceitos do referencial teórico cuja abordagem principal foi em torno do tema arranjo físico e a análise dos trabalhos concluídos e selecionados conforme consta na revisão bibliográfica. A descrição do estudo faz-se de forma a elaborar um conjunto sistematizado de regras que se aplicam a uma organização no âmbito da descrição para uma possível implantação e/ou correção do *layout*. O objeto de estudo foi a criação de uma cartilha na qual contém perguntas para a verificação da eficiência do *layout* atual e apresenta recomendações e instruções para a reorganização do arranjo físico de uma empresa que se adéqua e contém no referencial bibliográfico.

Organizações empresariais que produzam ou comercializam bens ou serviços e que buscam proporcionar o aumento da eficiência e flexibilidade produtiva através da organização ou reorganização do espaço se adéquam ao uso da cartilha.

5.1 Dados

Os dados relacionados à pesquisa são descritos por estudos de caso realizados para planejamento do *layout* em diversas organizações. Fez-se uma seleção de trabalhos concluídos que se adaptam aos diversos tipos de *layout*, com três estudos de caso que foram elaborados arranjos físicos por produto, três que elaboraram arranjos físicos por processo, um que elaborou o arranjo físico celular, e um onde foi elaborado um arranjo físico posicional, foram observados nestes estudos de caso os passos que foram seguidos para a elaboração do *layout*.

Os dados para a análise dos resultados foram obtidos através da aplicação da cartilha em vinte organizações empresarias do interior do centro oeste de minas, visando identificar o tipo de arranjo físico utilizado e sua eficiência na organização. Com os dados quantitativos dos questionários da cartilha, foram elaborados gráficos através do *Microsoft Excel* versão 2007, para uma melhor visualização dos resultados, facilitando assim a compreensão e interpretação dos dados.

6 ANÁLISE E RESULTADOS

As cartilhas são como um guia que indica as etapas necessárias para alcançar, de maneira organizada, uma finalidade, e têm como objetivo transformar o conhecimento, em informações úteis e de fácil aprendizado (MENDONÇA, 2008).

A cartilha arranjo físico apresentada no APÊNDICE A, possui quatro questões na primeira página para a identificação do tipo de arranjo físico utilizado na empresa. Depois de identificado tem um questionário de dez questões de cada tipo de arranjo físico, quanto mais respostas positivas, mais eficiente é o *layout* da organização.

Nas próximas páginas da cartilha são apresentadas guias práticos de como tornar o *layout* mais eficiente, separado por tipo de arranjo físico, nos guias são propostos à utilização dos métodos para elaboração do arranjo físico descritos no referencial teórico deste presente trabalho. Se mesmo com essas orientações o *layout* não apresentar a melhoria desejada é sugerido uma mudança do tipo de arranjo físico.

Na cartilha é apresentado que, para o arranjo físico ser do tipo posicional o produto ou sujeito onde é realizado o serviço fica estacionário, se com esta afirmação é constatado que *layout* é do tipo posicional, há um questionário na segunda página que verifica a eficiência deste tipo de arranjo físico.

O arranjo físico posicional é utilizado em organizações prestadoras de serviço, pode ser quando o produto seja uma pessoa, como em consultórios salas de cirurgia, onde a pessoa fica estacionária e dentistas, médicos ou enfermeiros se movimentam até o paciente para a realização do serviço, as ferramentas e equipamentos têm que estar o mais perto possível sem atrapalhar a movimentação, com proximidades de acordo com o que vai ser utilizado, o mais perto o que for utilizado com maior frequência. É utilizado também em obras de engenharia, construções de prédios, navios, aviões etc. o produto fica estacionário e os profissionais qualificados exercem o serviço em volta, a grande movimentação de matéria prima.

O questionário do arranjo físico posicional possui dez questões, a primeira questão verifica se o tipo de arranjo físico é obrigatoriamente do tipo posicional, ou seja, se o produto tem a necessidade de ficar estacionário como nos exemplos citados anteriormente. A segunda e terceira questões averiguam as características da produção, se o volume de produção for baixo e a variedade alta, as repostas

sendo positivas, há uma maior probabilidade que o *layout* seja eficiente, pois estas características são típicas do arranjo físico posicional. A variedade é alta, pois cada produto, como a construção de um prédio, ou um paciente é diferente do outro.

Da quarta a décima questões constata se o *layout* possui especificações que tornam qualquer tipo de arranjo físico eficiente, a quarta questão é sobre alta flexibilidade, dando a possibilidade de fácil modificação no processo se for preciso uma alteração na quantidade ou característica do produto. Em uma sala de cirurgia precisa-se da alta flexibilidade do *layout*, se necessitar fazer algo diferente do planejado na cirurgia, os novos equipamentos devem ser reorganizados de forma rápida, em obras de engenharia pode haver mudanças no planejamento, acrescentando detalhes na obra, como novos materiais, necessitando um rearranjo para o depósito desse material.

Na quinta questão é averiguado se os recursos transformadores tem conveniência de proximidade, se a resposta for negativa, é necessária a aplicação do método SLP citado no referencial teórico, onde que cada atividade realizada, e os estoques dos materiais necessários para sua realização, sejam comparados entre si, analisando a proximidade adequada, é importante colocar a razão da proximidade, para ficar mais fácil de entender posteriormente.

Na sexta questão é perguntado sobre a área adequada, uma área que atenda as necessidades possibilita minimização no desperdício de tempo e material, e maior conforto e segurança ao colaborador. Se com aplicação do método de *Guerchet* é verificado que a área é pequena, é indicado um estudo de viabilidade, onde é averiguado se uma ampliação da área organizacional ocasionará um ganho que compensa a ampliação, este ganho pode ser o maior conforto dos funcionários aumentando assim sua produtividade, ou o não desperdício ocasionado por seu armazenamento em espaço indevido. Se for verificado que a área é maior que a necessária, averiguar se não está causando um desperdício de tempo com o aumento das distâncias, fazer essa verificação através de desenho de um rearranjo utilizando apenas as áreas necessárias, e analisar os ganhos com essa mudança.

A sétima questão averigua se a distância, retornos e cruzamentos são o mínimo possível, se a resposta for negativa, fazer um fluxograma, mostrando o fluxo dos materiais e pessoas até o produto e juntamente com o método SLP ver qual o melhor local para cada estoque e cada setor de atividade.

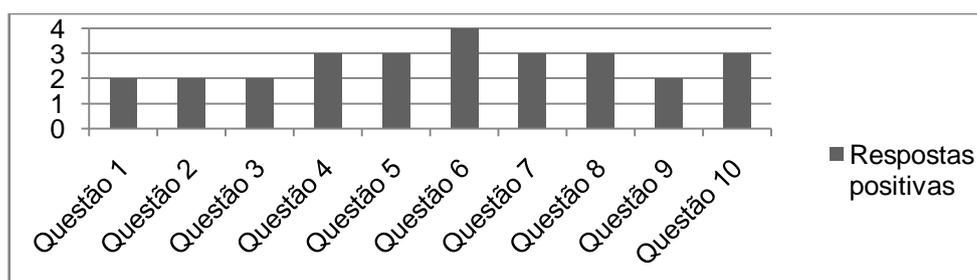
Na questão oito é verificado se há muito espera em estoque, que pode acarretar custos desnecessários, deve ser analisados se esta espera em estoque é ocasionada devido um *layout* inadequado, em construções, por exemplo, deve ser observado se o estoque de um determinado material está de fácil acesso para todo local que ele for utilizado, esta observação deve ser analisada na produção do diagrama de relacionamento do método SLP.

Na nona questão verifica se o *layout* utilizado ajuda na minimização dos desperdícios. Com as questões anteriores são verificados os desperdícios de áreas e distâncias, com esta questão é para ser observado se o *layout* traz mais algum tipo de desperdício como de tempo ou material e, para minimizar esses desperdícios através do *layout*, deve ser feito diferentes propostas de *layout*, onde deve ser considerado que um aumento da distância como no estudo de caso do arranjo físico posicional apresentado na revisão bibliográfica, melhorou o layout por diminuir o desperdício de material.

Na última questão é perguntado se *layout* contribui para a segurança e satisfação do colaborador, pois se contribui evita problemas futuros e também aumenta a motivação do colaborador ocasionando maior produtividade. Para melhorias neste aspecto é interessante a aplicação de um questionário para os colaboradores, onde constata a opinião deles sobre como o espaço operacional que eles trabalham deve ser melhorado. Com esses questionários é feita uma avaliação do que é viável e se realmente vai trazer melhoras para o espaço organizacional.

Com a aplicação da cartilha foi constatado quatro organizações que utilizam o arranjo físico posicional em pelo menos um de seus setores, uma distribuidora, uma usina de cal, uma calderaria e um canteiro de obras. O GRAF. 1 mostra a quantidade de respostas positivas por questão, nessas quatro empresas.

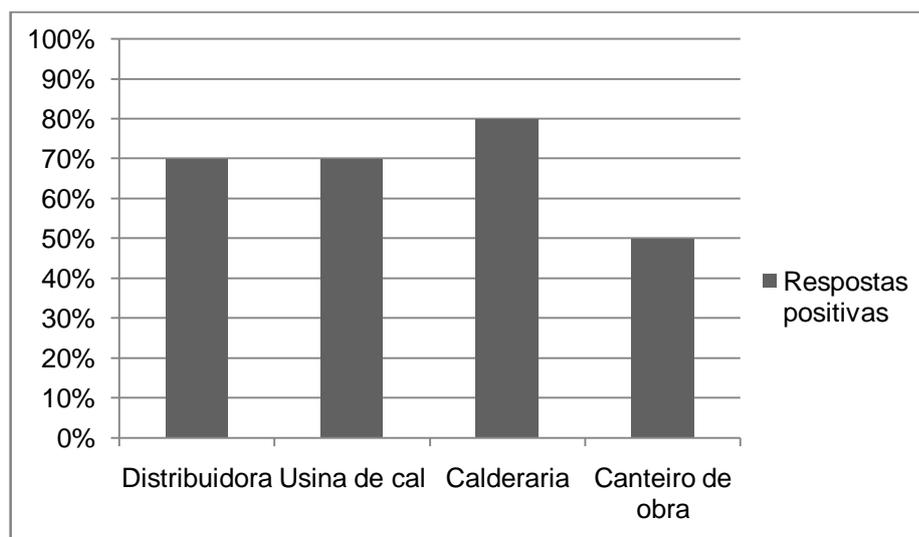
Gráfico 1 - Distribuição das respostas positivas nas questões sobre o arranjo físico posicional



Fonte: O autor (2014)

O GRAF. 2 apresenta a eficiência das empresas com seu *layout* atual, apenas uma organização ficou abaixo da eficiência de 60%, se essa organização seguir o guia apresentado na cartilha para o arranjo físico posicional e as dicas citadas acima sobre como fazer melhorias, se a resposta foi negativa, haverá uma melhora na eficiência de seu *layout*.

Gráfico 2 – Avaliação da eficiência no arranjo físico posicional



Fonte: O autor (2014)

A terceira página é sobre o arranjo físico por produto, se for constatado de que o processo tem um fluxo linear previsível e contínuo o arranjo físico é por produto. Esse tipo de arranjo físico é muito utilizado em indústrias montadoras, usinas e indústrias alimentícias, onde os produtos são padronizados como no caso de biscoitos, carnes, massas, açúcar, automóveis, eletrodomésticos, etc. Os recursos transformadores ficam na ordem da montagem do produto, de tal modo que os produtos seguem um fluxo contínuo onde os trabalhadores ou as máquinas fazem o mesmo serviço a cada produto, não necessitando, assim, de mão de obra qualificada, e o processamento do produto é rápido.

No questionário deste tipo de arranjo físico, as questões um e dois, averiguam se o processo tem as características típicas do arranjo físico por produto, baixa variação e alta demanda, baixa variação porque, como citado nos exemplos anteriores, os produtos são padronizados, e alto volume porque utilizam processamento rápido desse tipo de arranjo para a produção em grande escala.

A terceira questão confere se o tempo ocioso é pouco, como o arranjo físico por produto tem como finalidade grande produção em pouco tempo, assim o tempo ocioso tem que ser mínimo, para minimizar esse tempo recomenda-se a utilização do método balanceamento de linha de montagem, e os passos a serem adotados para balanceamento encontra-se no referencial teórico deste trabalho.

A questão quatro verifica se a distância, retornos e cruzamentos na movimentação de pessoas e materiais é mínima, essa distância mínima é necessária para agilizar a entrega dos materiais no processo produtivo, pois o consumo é constante. A quinta questão averigua a espera em estoque, na linha de montagem não deve haver estoques de matérias primas, ou produtos pré-acabados dificultando o desenvolvimento do processo, esse problema pode ser resolvido com um adequado balanceamento da linha e com a aplicação do método SLP.

A questão seis analisa se a conveniência nas proximidades dos recursos, porque apesar dos recursos seguirem a ordem de fabricação do produto tem outros elementos que devem ser analisados, como o ruído ou impurezas, no caso de uma montadora de automóveis, por exemplo, a parte da pintura deve ficar separada de serviços que soltam partículas para não danificar a pintura.

Se uma das questões quatro, cinco e seis, ou todas forem respondidas negativamente é indicado aplicação do método SLP, onde são observadas as distâncias, estoques, ruídos, juntamente com o diagrama de precedência e as estações de tarefas elaborados no balanceamento da linha de montagem, para a criação de um diagrama de relacionamento dos recursos, e posteriormente o *layout*.

A questão sete verifica se a área é adequada, para essa verificação é recomendado o método de *Guerchet*, que calcula a área necessária baseado nas áreas e características dos equipamentos, uma área adequada ajuda no conforto e segurança dos colaboradores, e ainda, no não desperdício de materiais.

A oitava questão é sobre o controle e a supervisão do processo, como esse tipo de arranjo físico é previsível e contínuo o controle e a supervisão deve ser mais fácil, o balanceamento da linha de montagem também ajuda nesse controle, pois vai ser calculado o tempo utilizado em cada estação.

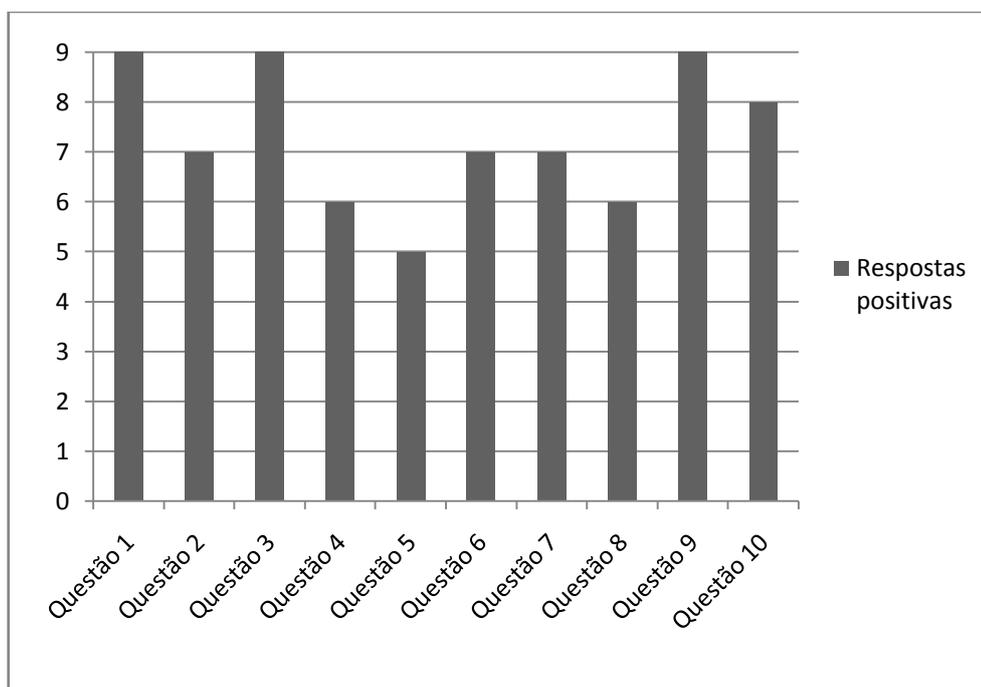
A questão nove verifica se *layout* atual contribui para minimização dos desperdícios, o desperdício pode ser o de espaço, que apesar de estarem ocupando o espaço necessário indicado pelo método de *Guerchet*, pode estar ocupando um comprimento maior por estar em linha reta, o arranjo físico por produto pode ser

organizado também em formato de serpentina ou em forma de U. Na forma de U, por exemplo, o comprimento requer praticamente a metade, comparado com o comprimento ao de linha reta.

A questão dez averigua se o *layout* contribui para a satisfação e segurança dos colaboradores, em arranjos físicos por produto geralmente os trabalhadores ficam desmotivados pelo trabalho repetitivo, seria interessante um rodízio de funções, e também uma aplicação de questionários com os funcionários para eles terem oportunidades de sugerir melhorias no layout.

Para as alterações sugeridas é importante uma análise de viabilidade conferindo se as mudanças vão ocasionar benefícios que compensam as mudanças, ainda mais que o arranjo físico por produto tem características de baixa flexibilidade, mudanças são mais complicadas. O GRAF. 3 mostra as respostas positivas de nove organizações que utilizam o arranjo físico por produto, onde pode ser observado que as empresas demonstraram menor eficiência nas questões quatro, cinco e oito que são sobre distância, estoque e controle, itens que tem que ser averiguados para não ocasionarem a parada na linha de produção.

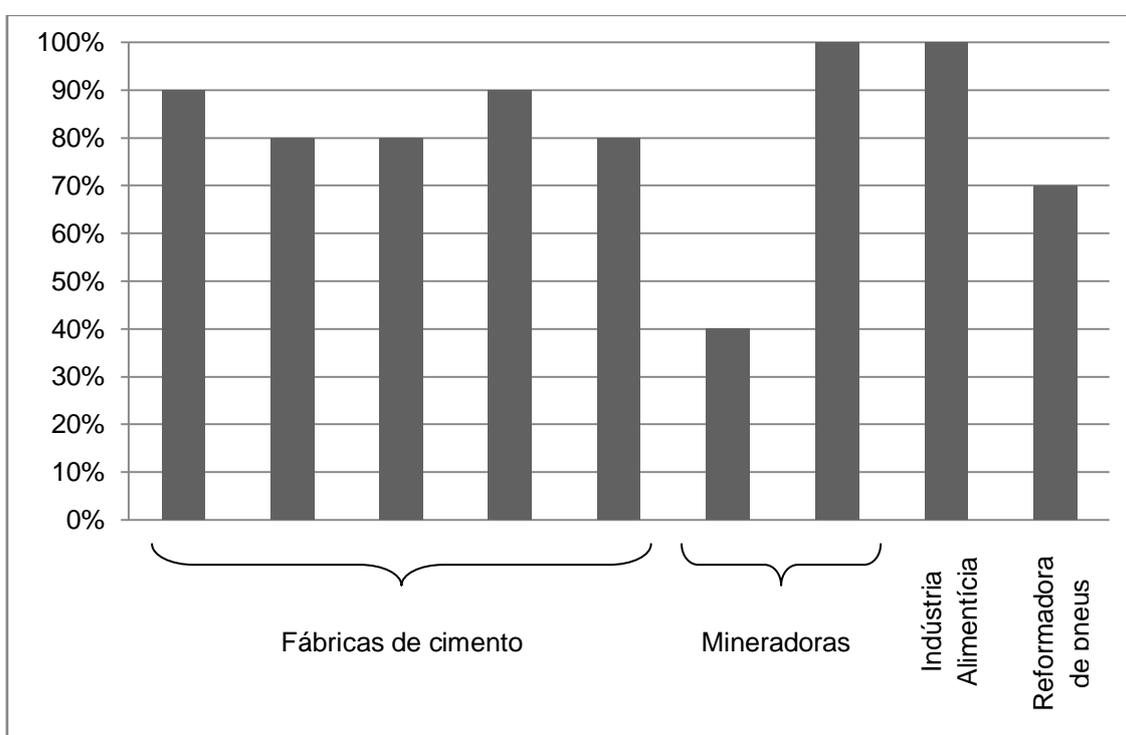
Gráfico 3 – Distribuição das respostas positivas nas questões sobre o arranjo físico por produto



Fonte: O autor (2014)

Das nove organizações cinco são fábricas de cimento, duas mineradoras, uma indústria alimentícia e uma reformadora de pneus, apenas uma dessas organizações apresentou baixa eficiência (GRAF. 4). A mineradora que teve essa baixa eficiência é recomendado o uso do guia apresentado na cartilha sobre o arranjo físico por produto, onde é indicado que quando forem fabricados vários produtos, optar pelo processo contínuo do produto de maior produção para elaboração do balanceamento da linha de montagem.

Gráfico 4 – Avaliação da eficiência no arranjo físico por produto



Fonte: O autor (2014)

Na página quatro contém o questionário do arranjo físico por processo, no *layout* por processo os recursos são organizados de acordo com as funções que desempenham e de suas necessidades comuns, e o produto se move de acordo com as operações necessárias criando uma rede de fluxos. Esse tipo de arranjo é comum em organizações prestadoras de serviços, como agências bancárias, e em setores administrativos das organizações, onde as funções semelhantes são agrupadas em departamentos e de acordo com o serviço que o cliente precisa ele percorre os departamentos necessários. É comum também em lojas comerciais, onde os produtos são agrupados por categorias facilitando o encontro dos produtos

pelo cliente levando-o a compra. Também é utilizado em hospitais, que é separado, por exemplo, em UTI, pronto socorro, farmácia, raio X, e em fábricas que produzem pequenas quantidades de produtos diversificados, como fábricas de costuras.

As dez questões do questionário do arranjo físico por processo buscam comprovar eficiência do *layout* neste tipo de arranjo físico, as questões um e dois respondidas positivamente confirmam a presença de características típicas do arranjo físico por processo, baixo volume e alta variedade. Este tipo de arranjo físico atende a uma alta variedade porque mais de um tipo de produto ou serviço pode ser feito simultaneamente, enquanto um produto ou cliente passa por um serviço, outro produto poderá estar em outro estágio do processo. E atende a um baixo volume porque o produto ou cliente procura seus serviços na organização, pois os recursos não estão em ordem de processamento, levando a um gasto de tempo maior.

A terceira questão verifica se o *layout* possui alta flexibilidade, que também é uma característica deste tipo de arranjo físico, pois se houver algum tipo de gargalo basta modificar o fluxo a ser seguido para alterar o processo de fabricação. Se for verificada uma baixa flexibilidade é recomendado fazer um fluxograma onde é colocado o fluxo que cada produto ou serviço tem que passar para ser concluído, assim sendo possível criar fluxos alternativos se ocorrer algum problema em alguma função.

A quarta questão pergunta se existe uma conveniência na proximidade dos departamentos, para responder essa questão tem que ser observado o motivo dos departamentos estarem próximos ou longes, como por exemplo, o setor de corte está longe ao de pintura, porque o de corte solta fiapos que prejudicam a pintura, ou que o setor de corte está próximo ao de costura porque a maioria dos produtos passa pelo corte e depois pela costura. Se a resposta para essa pergunta for negativa deve ser considerado a elaboração do diagrama de relacionamento do método SLP, e com esse diagrama a criação de um novo *layout*.

A quinta questão averigua se a área utilizada é adequada, para determinar essa área adequada é recomendado à utilização do método de *Guerchet*. Se a área não estiver adequada pode ser considerada uma mudança nos locais de cada departamento ou uma ampliação da área, mais antes de qualquer mudança é importante um estudo de viabilidade para ver se as mudanças são compensatórias.

Na sexta questão é verificado se a distância na movimentação de pessoas e materiais é mínima, e na sétima se a espera em estoque, retornos e cruzamento

também são mínimos, como neste tipo de arranjo existe vários fluxos é complicado um balanceamento de uma linha de montagem, tornando mais importante a minimização das movimentações. Para minimizar essas movimentações deve-se fazer vários diagramas de inter-relações entre espaços, que é o desenho das áreas necessárias considerando os dados do diagrama de relacionamento, à disponibilidade de suprimentos, às conveniências de pessoal, controle e procedimentos, às características dos prédios, à configuração dos equipamentos, à facilidade de acesso. Depois escolher o mais eficiente destes diagramas que será aquele com menor movimentação.

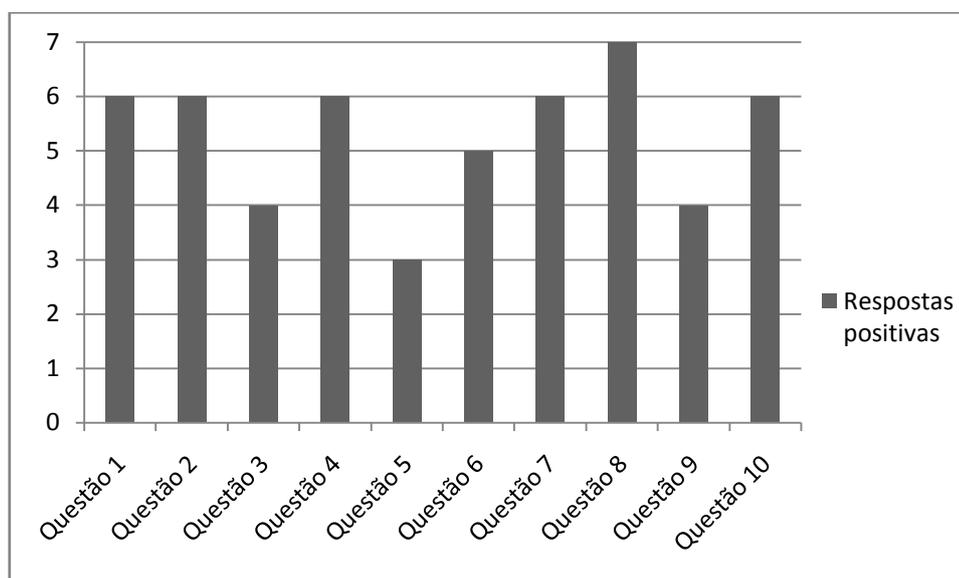
A questão oito indaga se a mão de obra é qualificada, como a variedade é alta o mesmo equipamento é utilizado para mais de um produto, assim o colaborador precisa saber fazer o preparo da máquina, o trabalhador também necessita saber fazer vários serviços pela grande variedade de produtos ou serviços prestados ao cliente, necessitando assim de mão de obra qualificada. Se não for qualificada, treinamentos podem resolver o problema.

A nona questão é se o *layout* atual fornece uma minimização dos desperdícios. O principal desperdício em prestadoras de serviços é o de tempo, e o de fábricas é o desperdício de matéria prima, que podem ser resolvidos com aplicação do método SLP justamente com o de *Guerchet*.

A décima questão verifica se o *layout* atual contribui para satisfação e segurança dos colaboradores, se não contribui é interessante aplicar um questionário para que os colaboradores deem sua opinião no que eles acham que deve ser mudado e, depois ser feito um estudo para ver se as modificações pedidas são viáveis.

Das vinte empresas que foram aplicadas a cartilha sete utilizam o arranjo físico por processo, e as questões que estas empresas apresentaram menor eficiência foram na três, na cinco e na nove (GRAF. 5), a questão cinco é sobre a área adequada, a área não sendo adequada causa falta de flexibilidade e desperdícios que são o que averiguam a questão três e nove, então, provavelmente, a causa das questões três e nove serem respondidas negativamente foi a que a resposta da questão cinco foi negativa.

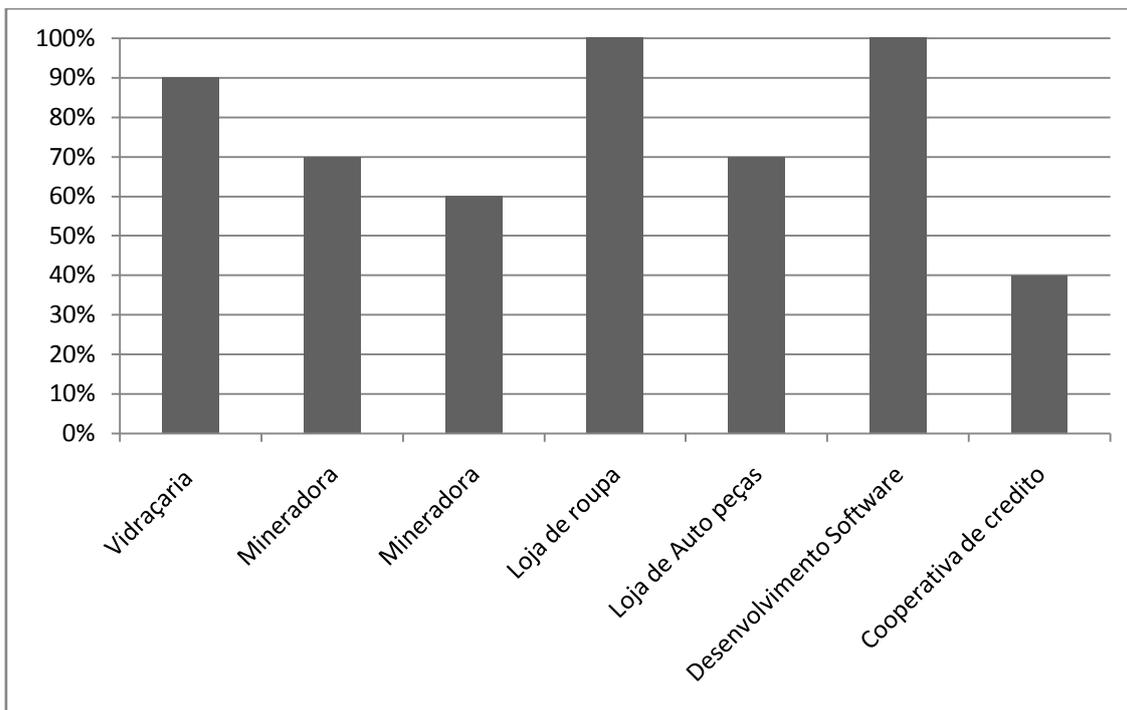
Gráfico 5 – Distribuição das respostas positivas nas questões sobre o arranjo físico por processo



Fonte: O autor (2014)

Das sete organizações que utilizam arranjo físico por processo, duas são mineradoras, uma vidraçaria, uma loja de roupa, uma loja de autopeças, uma empresa de desenvolvimento de *software* e uma cooperativa de crédito. Apenas a cooperativa de crédito apresentou uma baixa eficiência (GRAF. 6), é recomendado então, que ela siga o guia do arranjo físico por processo apresentado na cartilha para reorganização do *layout*, pode ser observado que a área dessa empresa é inadequada, se for preciso de uma ampliação tem que fazer um estudo de viabilidade, levando em conta sua ineficiência a qual é provável que seja compensatório.

Gráfico 6 – Avaliação da eficiência no arranjo físico por processo



Fonte: O autor (2014)

Na página cinco é apresentado o questionário do arranjo físico celular, nesse tipo de arranjo físico, o *layout* é dividido em setores (células), onde em cada setor todo trabalho de um determinado produto ou serviço é realizado. Os setores podem ser totalmente individualizados ou compartilhar alguns recursos. O arranjo físico celular relaciona as características dos arranjos físicos por produto e por processo, cada setor funciona como pequenas linhas de produção, produzindo uma família de produtos. Este tipo de *layout* é encontrado em organizações manufatureiras de componentes de computador, onde em cada célula é produzido um tipo de componente. É encontrado também em feiras e shoppings, onde em cada célula é representada por um expositor ou loja, as células são agregadas em um único local para atrair mais clientes.

O questionário também contém dez questões, sendo que a primeira e segunda questões constata se o processo possui as características típicas do arranjo físico celular, um volume e variedade de produção alta, o volume é alto porque em cada célula os equipamentos são dispostos na sequência do processo, agilizando sua produção e, como cada célula produz um tipo de produtos a variedade é alta.

A terceira questão verifica se a localização dos recursos segue o fluxo contínuo da produção em cada célula, se a resposta for não, é recomendado elaborar o diagrama de precedência do método de balanceamento da linha de produção, para tornar mais rápido o processo de produção em cada célula.

A questão quatro averigua se há uma conveniência na proximidade dos recursos e células. Como por exemplo, células que possuem funções mais parecidas fiquem próximas, se caso ocorrer algum gargalo ou tempo ocioso em uma célula, pode-se utilizar os recursos das células próximas. Para colocar as células em conveniência de proximidade é indicado o uso do método SLP.

A questão cinco confere se a área de cada célula é adequada, para essa verificação é recomendado o uso do método de *Guerchet*, e se área não for adequada deve-se fazer um estudo para ver se trocando as células de locais umas com as outras a área fica adequada, se não é preciso de uma ampliação, e antes de uma ampliação deve-se fazer um estudo de viabilidade.

A sexta questão pergunta se a distância na movimentação de matérias e pessoas é mínima, e a sétima questão pergunta se a espera em estoque, retornos e cruzamentos são o mínimo possível, se uma ou ambas as questões foram respondidas negativamente é aconselhado o uso do diagrama de inter-relações do método SLP, onde deve ser feito vários diagramas e ser escolhido o que tenha apresentado menor movimentação.

Na oitava questão é verificado se o layout permite alta flexibilidade, se não permitir é recomendado fazer um fluxograma dos processos, onde é colocado o fluxo de cada produto, assim, caso houver algum gargalo é mais fácil e rápido a criação de fluxos alternativos.

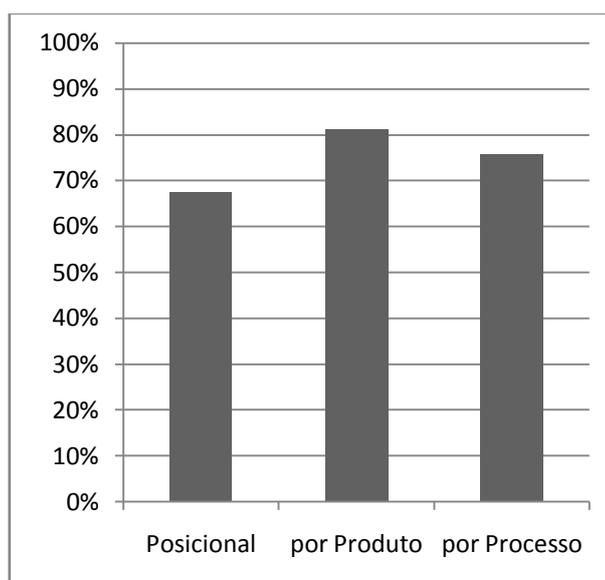
A questão nove averigua se há um fácil controle e supervisão do processo, se a resposta for negativa é recomendado fazer o balanceamento das linhas de montagem das células, facilitando assim o controle e ainda diminuindo o tempo ocioso.

A décima questão verifica se o *layout* atual contribui para a satisfação e segurança do colaborador, a melhor forma de garantir essa satisfação é aplicando um questionário para os colaboradores terem a liberdade de dizer sua opinião sobre o que precisa ser melhorado no *layout*, depois com esses questionários, analisar o que tem que ser modificado para atender essas melhorias e, fazer um estudo de viabilidade sobre essas modificações.

Nenhuma das organizações onde foram aplicadas as cartilhas apresentou um *layout* do tipo celular, isso pode ser explicado que na região pesquisada não existem shoppings, nem organizações de manufaturas e industriais com um volume e variedade de produção muito alto, que compensem a complexidade da implantação de um arranjo físico celular.

Os *layouts* por produto das organizações pesquisadas apresentaram maior eficiência (GRAF. 7), isso pode ser explicado porque os arranjos físicos por produto são mais suscetíveis a paradas e a gargalos se não tiverem uma boa eficiência, também há alto investimento em máquinas e por isso as organizações utilizam um *layout* adequado para minimizar o tempo ocioso dessas máquinas.

Gráfico 7 – Média da eficiência por tipo de arranjo físico



Fonte: O autor (2014)

7 CONCLUSÃO

Através das análises das questões presentes na cartilha foi identificado o porquê dessas especificações averiguadas nas questões contribuem para um processo eficiente, se não estão de acordo com essas especificações foram apresentados dicas e um guia prático de cada tipo de arranjo físico, de como alterar o *layout* para se adaptarem as especificações, tornando o *layout* mais eficiente e seguro.

Antes da alteração de um arranjo físico é necessário um planejamento detalhado, onde devem ser simulados os benefícios e os desafios da implantação, fazer um estudo da viabilidade do novo *layout* analisando se a empresa tem condições que permitam a alteração do *layout*, ou seja, é importante considerar as particularidades de cada local e as características do ambiente em questão.

Enfim, o trabalho apresentado é de grande importância para organizações que buscam o aumento da competitividade e otimização de processos através de um adequado arranjo físico, e servirá de amplo apoio para profissionais que pretendem realizar trabalhos nesta área.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, G; PEINADO, J; GRAEML, A. **Simulações de arranjos físicos por produto e balanceamento de linha de produção**: o estudo de um caso real no ensino para estudantes de engenharia, Curitiba, 2007. Disponível em: <<http://www.dainf.ct.utfpr.edu.br/~graeml/publica/artigos/download/Cobenge2007SimulacoesArranjosFisicos.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2014.
- ARAÚJO, L. C. **Organizações e métodos**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1994.
- BARROS, A.; LEHFELD, N. **Fundamentos de metodologia Científica**: um guia para a iniciação científica. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 2000.
- BULGACOV, S. **Manual de gestão empresarial**. São Paulo: Atlas, 1999.
- CABANILLAS, M. **Dieño de distribucion em planta de una empresa têxtil**. 2004. 137p. Tesis (Graduação em Engenharia Industrial) – Universidad Nacional Mayor de San Marcos – UNMSM, Lima – Perú, 2004. Disponível em: <http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/monografias/ingenie/munoz_cm/contenido.htm>. Acesso em: 30 jun. 2014
- CERVO, A.; BERVIAN, P.; SILVA, R. **Metodologia científica**. 6. ed São Paulo: Prentice Hall, 2007.
- COLARES, R. **Propostas de melhorias no arranjo físico para o balanceamento da linha de montagem de uma empresa de calçados**. 2008. 108p. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, Campos dos Goytacazes – RJ, 2008. Disponível em: <http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/LEPROD_6958_1251384453.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2014.
- CÔRREA, H.; CÔRREA, C. **Administração de produção e operações**: Manufatura e serviços: Uma abordagem estratégica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- CURY, A. **Organização e métodos**: uma visão holística. São Paulo: Atlas, 1995.
- DAVIS, M.; AQUILINO, N.; CHASE, R. **Fundamentos da administração da produção**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- DUTRA, L. **Integrando arranjo físico e fluxo de materiais**: estudo de caso em uma empresa aparista de papel. 2008. 67p. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, Juiz de Fora, 2008. Disponível em: <http://www.fmepro.org/XP/editor/assets/DownloadsEPD-TCC/TCC_jul2008_Leonardo_Dutra.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2014.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Thomson, 2007.

JOAQUIM, C.; BORDA, M. **Metodologia para elaboração de propostas de layout num setor administrativo e estudo de caso**, Santa Catarina, 2007 Disponível em: <http://www.peteps.com.br/arquivos/8395_metodologia.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2014.

LOUREIRO, A. **Planejamento de arranjo físico em uma indústria moveleira**. 2011. 72p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, São Mateus, 2011. Disponível em: <http://www.ceunes.ufes.br/downloads/16/engprod-TCC_Alan%20Bruzadelle%20Loureiro_2011_1.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2014.

MENDONÇA, M. R. de S. **Ciência em quadrinhos: recurso didático em cartilhas educativas**. 2008. 238 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Letras, Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2008. Disponível em: <http://www.pgletras.com.br/2008/teses/tese-marcia-mendonca.pdf> Acesso em: 23 de ago. 2014.

MIRANDA, G. I. **Organizações e métodos**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1981.

MONKS, J.G. **Administração da produção**. São Paulo: Mgraw-Hill, 1987.

MOREIRA, D. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira, 1993.

MUTHER, R. **Planejamento do layout: sistema SLP**. São Paulo, Edgard Bucher, 1978.

OLISZESKI, C.; et al. **Proposta de arranjo físico para melhoria do fluxo de operações em uma unidade de secagem industrial de erva-mate**.

OLIVEIRA, D. P. **Sistemas, organização e métodos: uma abordagem gerencial**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

OLIVEIRA, K; LEITÃO M. **Análise de Instalações Utilizando Arranjo Físico Celular e o Método SSLP: Estudo de Caso em Indústria de Fabricação Metal Mecânica de Óleo e Gás, Niterói**, 2013. Disponível em: <http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg9/anais/T13_2013_0034.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2014

PACHE, R. **Proposta de arranjo físico para uma indústria de transformação de termoplásticos baseado nos conceitos de manufatura enxuta**. 2012. 66p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Faculdade de Horizontina – FAHOR, Horizontina - RS, 2012. Disponível em: <http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngPro/2012/Robson_Pache.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2014.

PEINADO, J.; GRAEML, A. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

RIBEIRO, J. **Análise do arranjo físico de canteiro de obra**: um estudo de caso em obra de ampliação em um *shopping center* na cidade de Feira de Santana. 2011. 141p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, Feira de Santana, 2011. Disponível em:

<<http://civil.uefs.br/DOCUMENTOS/J%C3%89SSICA%20SANTANA%20RIBEIRO.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2014.

SCHMENNER, R. W. **Administração de operações em serviços**. São Paulo: Futura, 1999.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

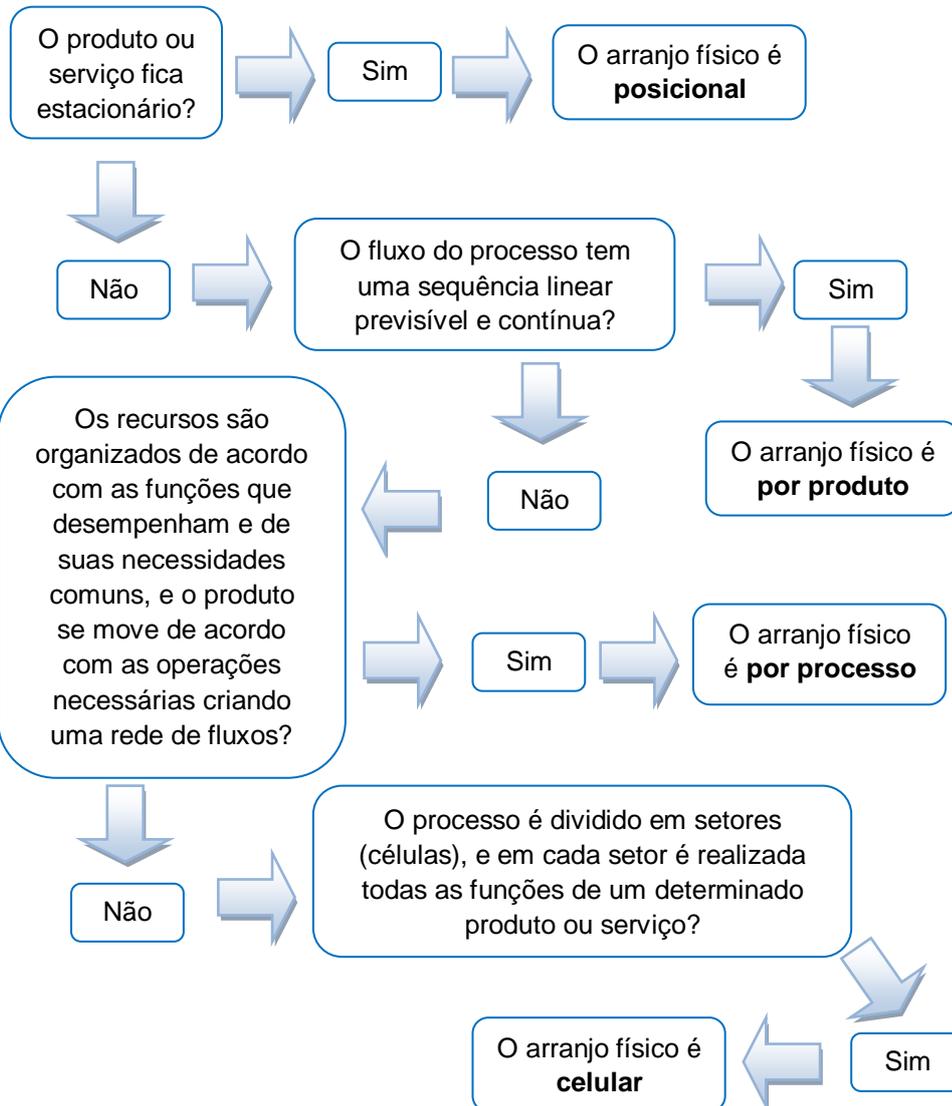
TORTORELLA, G.; FOGLIATTO, F. **Planejamento sistemático de layout com apoio de análise de decisão multicritério**. Porto Alegre, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132008000300015>. Acesso em: 07 maio 2014.

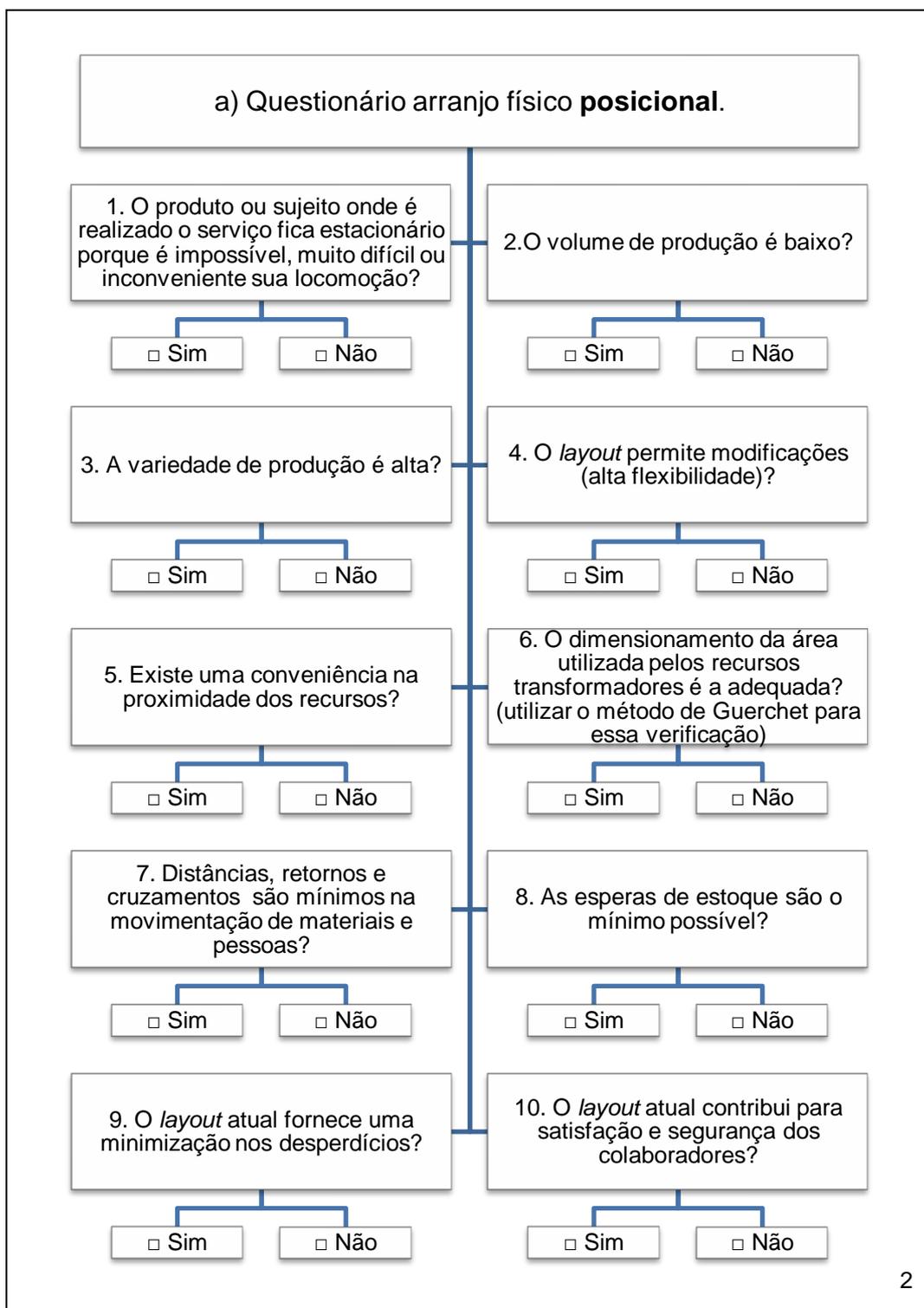
APÊNDICE A – Cartilha arranjo físico



Organização: _____

Identifique qual o tipo de arranjo físico é utilizado na organização através das questões apresentadas abaixo, depois responda o questionário do tipo de arranjo físico identificado, para verificar sua eficiência.





b) Questionário arranjo físico por *produto*.

1. O volume de produção é alto?	2. A variedade de produção é baixa?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
3. O tempo ocioso é pouco ou inexistente?	4. Distâncias, retornos e cruzamentos são mínimos na movimentação de materiais e pessoas?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
5. As esperas em estoque são inexistentes ou raras?	6. Existe uma conveniência na proximidade dos recursos?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
7. O dimensionamento da área utilizada pelos recursos é a adequada? (utilizar o método de Guerchet para essa verificação)	8. Há um fácil controle e supervisão do processo?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
9. O <i>layout</i> atual fornece uma minimização nos desperdícios?	10. O <i>layout</i> atual contribui para satisfação e segurança dos colaboradores?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

3

c) Questionário arranjo físico por processo.

1. O volume de produção é baixo?	2. A variedade de produção é alta?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
3. O <i>layout</i> permite modificações (alta flexibilidade)?	4. Existe uma conveniência na proximidade dos departamentos?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
5. O dimensionamento da área utilizada pelos recursos é a adequada? (utilizar o método de Guerchet para essa verificação)	6. A distância é mínima na movimentação de materiais e pessoas?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
7. A espera em estoque, retornos e cruzamentos são o mínimo possível?	8. A mão de obra é qualificada?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
9. O <i>layout</i> atual fornece uma minimização nos desperdícios?	10. O <i>layout</i> atual contribui para satisfação e segurança dos colaboradores?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

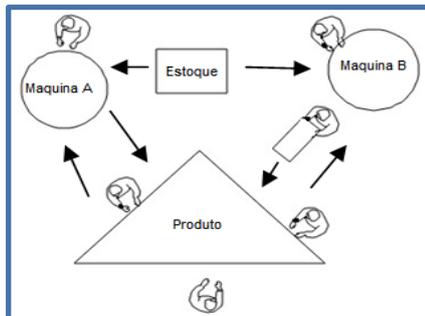
4

d) Questionário arranjo físico *celular*.

1. O volume de produção é alto?	2. A variedade de produção é alta?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
3. A localização dos recursos segue um fluxo contínuo?	4. Existe uma conveniência na proximidade dos recursos?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
5. O dimensionamento da área utilizada pelos recursos é a adequada? (utilizar o método de Guerchet para essa verificação)	6. A distância é mínima na movimentação de materiais e pessoas?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
7. A espera em estoque, retornos e cruzamentos são o mínimo possível?	8. O <i>layout</i> permite modificações (alta flexibilidade)?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
9. Há um fácil controle e supervisão do processo?	10. O <i>layout</i> atual contribui para satisfação e segurança dos colaboradores?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

5

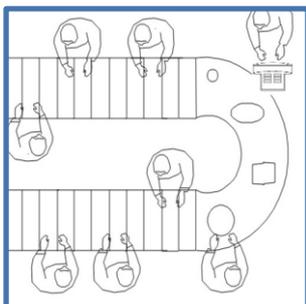
Se layout atual não está eficiente, menos que seis respostas positivas, considere algumas modificações, segue sugestões para melhorias:



Arranjo físico posicional

- Se não é impossível, muito difícil ou inconveniente à locomoção do produto ou do sujeito onde é realizado o serviço considere substituir por outro tipo de arranjo físico.

Se a locomoção realmente não for viável, faça um diagrama de relacionamento das atividades com método SLP, elabore um fluxograma e determine com o método de *Guerchet* o espaço necessário para cada atividade. Com esses dados elabore propostas de *layout*, e busque escolher a proposta que mais maximiza a utilização do espaço disponível, garanta maior produtividade nos processos e maior segurança para os envolvidos.



Arranjo físico por produto

- O *layout* atual não sendo eficiente, elabore outro, listando todos os equipamentos e procedimentos utilizados no processo, se for produzidos vários tipos de produtos, opta-se pelo processo contínuo de um dos produtos com maior produção e mais representatividade em termos de faturamento. Apure a demanda provável do produto e a quantidade de tempo disponível para a produção durante o mesmo intervalo, determinado o tempo de ciclo.

Em seguida realize uma coleta de dados aleatórios dos tempos envolvidos na produção do produto escolhido para determinação dos tempos padrões de todas as etapas, com esses dados calcule o número de estações.

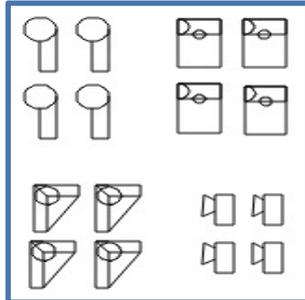
Analise a sequência das etapas verificando quais operações tem que ser primeiramente realizadas, com esses dados monte um diagrama de precedência.

Depois faça o balanceamento da linha de produção, alocando as tarefas às estações, o tempo de cada estação tem que ser igual ou menor, o mais próximo possível, ao tempo de ciclo, de modo que tenha a menor ociosidade.

Posteriormente elabore um dimensionamento do *layout* através do método de *Guerchet*, com esse dimensionamento analise a interação entre os processos, e elabore um novo arranjo físico, alocando todas as máquinas e equipamentos na área disponível.

Se mesmo assim, não está eficiente considere substituir o tipo de arranjo físico. Se a demanda for baixa, substitua pelo arranjo físico, por processo e se for alta, pelo arranjo físico celular.

Arranjo físico por processo



- Para a modificação do arranjo físico por processo faça um levantamento das informações, dos setores, dos postos de trabalho e dos equipamentos de uso comum e suas descrições, analisando a distribuição do espaço.

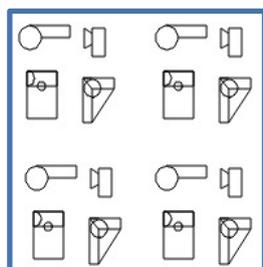
Depois, faça uma descrição do processo produtivo, coletando os dados por quais recursos a peça é processada, e elabore um fluxograma que identifica todos os fluxos de materiais, com todos os dados localize os pontos críticos do layout e do processo.

Utilizando o método SLP elabore um diagrama de relacionamento para avaliar a proximidade entre os diversos setores, considerando cada atividade, área, função ou características importantes das tarefas, envolvidas no layout.

Em seguida, faça um detalhamento do layout onde é estabelecido para cada atividade a área necessária, suas características físicas e as utilidades (água, luz), e qualquer restrição que exista na configuração da empresa, para determinar a área necessária para cada setor e posto de trabalho, utilize o método de *Guerchet*.

Com estas informações elabore um diagrama de relação de espaço, colocado a área necessária para cada atividade, fazendo ajustes ou rearranjos necessários para integrar todas as considerações de modificação nas unidades existentes.

Se mesmo com as modificações o arranjo não for eficiente, altere o tipo de arranjo físico, se a variedade for alta altere para o arranjo físico celular e se a variedade for baixa mude para o arranjo físico por produto.



Arranjo físico celular

- Se *layout* atual não está eficiente elabore um diagrama de relacionamento das atividades através do método SLP. Em seguida, determine o espaço através do método de *Guerchet* e as características necessárias do local para cada atividade. E faça o balanceamento das linhas de produção das células.

Com esses dados identifique possibilidades teóricas de arranjo físico. Pode ser feito um modelo com diagrama de um arranjo físico celular totalmente individualizado, ou um modelo com maior compartilhamento de recursos, variando a quantidade de células de acordo com a necessidade. Depois escolha uma das alternativas, analisando qual apresenta menor fluxo de pessoas e materiais, menor percurso total e maior facilidade de controle e supervisão.

Se mesmo assim, o *layout* não apresentar eficiência, considere substituir o tipo de arranjo físico, se a demanda for alta considere o arranjo físico por produto e se for baixa considere o arranjo físico por processo.