

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

FABIO HENRIQUE KACZMAREK MATTOS
GUILHERME SIQUEIRA BAUMGARTNER

**ELABORAÇÃO DE LEIUTES INDUTRIAIS – METODOLOGIAS
UTILIZADAS E SEUS GANHOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2017

FABIO HENRIQUE KACZMAREK MATTOS

GUILHERME SIQUEIRA BAUMGARTNER

**ELABORAÇÃO DE LEIANTES INDUSTRIAIS – METODOLOGIAS
UTILIZADAS E SEUS GANHOS**

Monografia de Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do Curso – TCC2 de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Antonio Reaes

CURITIBA

2017

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a Monografia de Projeto de Pesquisa ELABORAÇÃO DE LEIAUTE INDUSTRIAL – METODOLOGIAS UTILIZADAS E SEUS GANHOS realizada pelos alunos Fabio Henrique Kaczmarek Mattos e Guilherme Siqueira Baumgartner, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Dr. Paulo Antônio Reaes

DAMEC, UTFPR

Orientador

Prof. Mestre em Engenharia Osvaldo Verussa Junior

DAMEC, UTFPR

Avaliador

Prof. Mestre em Engenharia Rodrigo Ulisses Garbin da Rocha

DAMEC, UTFPR

Avaliador

Curitiba, 28 de junho de 2017.

RESUMO

MATTOS, Fabio Henrique Kaczmarek; BAUMGARTNER Guilherme Siqueira. *Elaboração de Leiautes Industriais – Metodologias Utilizadas e Seus Ganhos*, 2017. Monografia – Bacharelado em Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

Antes da execução de uma atividade fabril, é necessário o planejamento do arranjo físico em que o processo acontecerá, o leiaute deve estar adequado ao tipo de processo a ser realizado e deve principalmente proporcionar fluidez ao fluxo de materiais e oferecer aos colaboradores boas condições de trabalho. O procedimento de fabricação só acontecerá de forma eficiente a partir do momento em que a planta industrial for elaborada corretamente, portanto é muito importante o arranjo físico ser bem pensado desde a sua concepção, evitando retrabalhos de posicionamento de máquinas, movimentações desnecessárias que elevarão os custos de produção e problemas de ergonomia. No trabalho se propõe estudar metodologias relativas à elaboração de leiaute industrial, inicialmente pesquisar e identificar na literatura essas metodologias, posteriormente, levantar junto às indústrias e empresas de consultoria industrial a prática efetivamente empregada, para em seguida comparar com a literatura e propor um referencial atualizado, incluindo as metodologias utilizadas no âmbito industrial, para servir como apoio às disciplinas acadêmicas dos Cursos de Engenharia Mecânica e de Produção, assim como ser referência para empresas que buscam formas de elaboração do seu espaço físico.

Palavras-chave: leiaute, planejamento, metodologias, elaboração.

ABSTRACT

MATTOS, Fabio Henrique Kaczmarek; BAUMGARTNER Guilherme Siqueira. *Elaboração de Leiautes Industriais – Metodologias Utilizadas e Seus Ganhos*, 2017. Monografia – Bacharelado em Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

Before the execution of an industrial activity, it is necessary to plan the physical layout in which the process will take place, the layout ought to be adequate to the type of process that will be carried out and should principally provide fluidity to the flow of materials and offer employees good work conditions. The procedure of fabrication will only happen efficiently when the industrial plant is elaborated correctly, therefore it is very important that the physical arrangement is well thought since its conception, avoiding reworks of positioning machines, unnecessary movements that will raise the production costs and ergonomic issues. This monography proposes a study of methodology regarding the industrial layout elaboration, initially researching and identifying it in academic literature and afterwards collect information about the effectively employed technique with the industries and industrial consultancy companies, to finally compare this with the literature and propose an updated reference, including the methodology used in industry context, to serve as support to the academic subjects of the Mechanical and Production Engineering Graduation Courses, as well as to be a reference to companies that seek ways of elaborating their physical space.

Keywords: layout, planning, methodologies, elaboration;

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Fluxograma do projeto detalhado de processo.....	12
FIGURA 2 - Matriz Volume x Variedade.....	13
FIGURA 3 - Relação Volume x Variedade no tipo de leiaute	16
FIGURA 4 - Biblioteca, um exemplo de leiaute funcional.....	17
FIGURA 5 – Modelo de procedimentos do SLP	25
FIGURA 6 – Diagrama de relações do SLP Simplificado	27
FIGURA 7 – Folha das Áreas do SLP Simplificado.....	28
FIGURA 8 – Diagrama de ligações do SLP Simplificado	29
FIGURA 9 – Desenho de Opção de Leiaute do SLP Simplificado	30
FIGURA 10 – Avaliação das Alternativas do SLP Simplificado	31
FIGURA 11 – Plano Detalhado de Leiaute do SLP Simplificado.....	32
FIGURA 12 – Fluxograma da Metodologia de Pesquisa do Estado da Arte.....	33
FIGURA 13 – Análise Quantitativa.....	41
FIGURA 14 – Utilização do SLP.....	42
FIGURA 15 – Utilização de softwares no planejamento de leiaute.....	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Matriz A	17
Quadro 2 – Matriz B	17
Quadro 3 – Vantagens e desvantagens de cada tipo de arranjo físico	19
Quadro 4 – Análise quantitativa	38
Quadro 5 – Universidades contatadas	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	9
1.2	OBJETIVOS	9
1.3	JUSTIFICATIVA	10
2	Fundamentação Teórica	11
2.1	O PROJETO DE PROCESSOS	11
2.1.1	TIPOS DE PROCESSOS DE MANUFATURA	12
2.1.2	PROJETO DETALHADO DE PROCESSOS	15
2.1.3	PRINCIPAIS TIPOS DE LEIAUTE	15
2.1.4	VANTAGENS DE CADA TIPO DE LEIAUTE	21
2.2	METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA A ELABORAÇÃO DE LEIAUTE	22
2.2.1	SLP - PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO DE LEIAUTE (<i>SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING</i>)	22
2.2.2	SLP SIMPLIFICADO	26
2.2.3	SOFTWARES APLICADOS A ELABORAÇÃO DE LEIAUTES	32
3	METODOLOGIA	34
3.1	DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA	35
3.2	JUSTIFICATIVA DA METODOLOGIA	38
4	RESULTADOS	39
4.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	39
4.1.1	ARTIGOS E ESTUDOS DE CASO	39
4.1.2	UNIVERSIDADES	42
4.2	REVISÃO EMPÍRICA	44
5	CONCLUSÕES	47
5.1	SOBRE O MEIO ACADÊMICO	47
5.2	SOBRE ARTIGOS E ESTUDOS DE CASO	48
5.3	UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES	49
5.4	APLICADO NAS EMPRESAS	49
5.5	COMPARATIVO	49
5.6	DIFICULDADES ENCONTRADAS	50
5.7	SUGESTÕES PARA OS PRÓXIMOS TRABALHOS	51
	REFERÊNCIAS	52
6	APÊNDICE A	55
6.1	MODELO DE E-MAIL PARA UNIVERSIDADES	55
6.2	RESPOSTAS	56
6.2.1	Universidade de São Paulo - USP	56
6.2.2	Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC	57
6.3	MODELO DE E-MAIL PARA EMPRESAS	58

1 INTRODUÇÃO

Este primeiro capítulo introduz a abordagem do trabalho, apresenta a importância do tema do planejamento de leiaute e caracteriza a situação problema. Inclui também os objetivos a serem almejados e a sua justificativa, destacando a sua importância para o meio acadêmico, para a sociedade e para os autores.

É de grande importância para as empresas a organização do arranjo físico de seu ambiente de trabalho, uma vez que deve proporcionar condições adequadas para o trabalhador e dar fluidez ao processo, tornando-o o mais simples possível. Segundo Christensen et al (2007), arranjo físico, outro nome dado ao leiaute, corresponde ao posicionamento de máquinas, equipamentos e pessoas, cujo objetivo, é melhorar o aproveitamento dos espaços existentes, proporcionando um fluxo de comunicação entre as unidades organizacionais de maneira eficiente e eficaz. Antes mesmo de iniciar a produção de um bem ou a prestação de um serviço, a escolha de como será utilizado o espaço físico disponível para a atividade é o primeiro passo a se pensar para se obter o melhor resultado no processo.

Focando na atividade industrial de produção de bens, para a tomada de decisão de como será o leiaute da produção, é necessário conhecer antes o produto e, principalmente, o processo a se realizar. Os tipos de processos, tratados e descritos de maneira abrangente por Slack, Chambers e Johnston (2009), podem ser classificados como pertencentes a cinco tipos principais: projeto, jobbing, lotes, em massa e contínuo. A relação volume x variedade é o principal fator a se levar em conta para se definir os tipos de processo e, conseqüentemente, tem caráter decisivo na tomada de decisão para a escolha da configuração em relação ao posicionamento dos equipamentos relativos ao processo.

Os tipos de leiaute diferenciam-se pelo caminho percorrido pelo produto durante todo o seu lead time, isto é, desde a chegada da matéria prima até a saída do produto acabado. Segundo os autores citados anteriormente, existem quatro tipos principais de configurações: posicional, por processo (também denominado job shop ou funcional), celular e por produto (ou flow shop). No capítulo 2 serão destacadas as vantagens de cada uma dessas configurações, segundo Drolet, Abdulnour e Rheault (1996) e Peinado e Graeml (2007).

Há diversas motivações para a elaboração ou otimização do leiaute de um espaço industrial, instalação de novos equipamentos, ampliações ou a otimização de processos. Entre elas, está a busca da eliminação de desperdícios como movimentações internas desnecessárias ou estoques intermediários, por exemplo, que por menores que sejam os ganhos obtidos, sempre trarão resultados finais mais satisfatórios à empresa, levando em conta o contexto industrial de alta competitividade que se faz presente nos dias de hoje. Além do foco competitivo, o leiaute também tem a função de responsabilidade sobre a segurança e o bem-estar dos funcionários e até mesmo dos clientes, que têm a visão de que o “cenário” vai influenciar na qualidade do produto ou serviço oferecido (BITNER, 1992).

Apesar da importância de um bom projeto de leiaute, Muther (1978) sentia a falta de um modelo lógico a seguir. Segundo ele, a elaboração do leiaute até então era feita por arquitetos industriais que adquiriram conhecimento sobre o assunto de forma empírica ao relacionar as estruturas pertencentes à indústria com as necessidades funcionais do processo a ser realizado. Engenheiros industriais até elaboraram uma série de conceitos de eficiência e técnicas de visualização de processos que puderam ser utilizados como base para a elaboração de leiautes, porém, até então, não existia um modelo de procedimento geral para a resolução do problema.

O sistema SLP (Systematic Layout Planning – Planejamento Sistemático de Leiaute) foi desenvolvido por Richard Muther para atender essa demanda de um procedimento minucioso para a elaboração da planta industrial, consistindo de um modelo de procedimentos sequenciados para a realização do projeto e de formulários para a identificação, visualização e classificação das atividades, inter-relações e alternativas envolvidas em todo o projeto do leiaute (MUTHER, 1978).

Um pouco mais tarde, o autor também desenvolveu um sistema simplificado para o SLP em seis passos, proporcionando maior facilidade de entendimento e aplicação, destinado principalmente para pequenos projetos ou adaptações e ainda para aplicação em pequenos negócios em geral (MUTHER e WHELLER, 2000).

Com o avanço da tecnologia computacional, *softwares* com algoritmos de criação e otimização de leiautes foram desenvolvidos buscando auxiliar os projetistas na elaboração do leiaute industrial, como por exemplo os desenhos

auxiliados por computador, ou CAD (Computer Aided Design) e também softwares de simulação, como o Arena.

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O leiaute deve promover a adequada realização das atividades, que inclui segurança e facilidade de locomoção dos funcionários, o fluxo necessário no desenvolvimento da atividade, e deve reduzir as movimentações excessivas de materiais, que não agregam valor ao produto final. O planejamento não adequado do leiaute, segundo Araújo (2010), gera na produção retardamento excessivo da atividade, má projeção dos locais de trabalho, perda de tempo no deslocamento entre as unidades e por fim prejuízos a empresa.

Pela importância, variedade e complexidade da tarefa de planejamento do leiaute nos diversos ambientes industriais, este trabalho acadêmico buscou estudar, esclarecer e identificar quais as metodologias utilizadas na elaboração e desenvolvimento desses projetos, o que a literatura recente traz sobre o assunto, que contribuições as universidades de prestígio estão agregando e irradiando com relação a essa matéria e, finalmente, que metodologias estão sendo efetivamente empregadas atualmente nas indústrias.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho consiste em levantar as metodologias disponíveis para o planejamento e desenvolvimento dos projetos de leiaute industrial presentes na literatura, propostas nos cursos universitários de engenharia de produção de excelência nacionais e, as efetivamente utilizadas atualmente nas empresas industriais.

Os objetivos específicos são:

- Buscar os conceitos básicos e as metodologias existentes na literatura sobre a elaboração de leiautes industriais;
- Identificar nas universidades de engenharia de produção de excelência nacionais as metodologias propostas para a elaboração de leiaute;

- Investigar as metodologias efetivamente utilizadas pelas empresas para a elaboração e melhoria dos seus leiautes indústrias;
- Disponibilizar ao meio acadêmico e industrial o cenário nacional atual sobre essas metodologias;

1.3 JUSTIFICATIVA

Este trabalho se justifica pela importância do planejamento de leiaute, pela pesquisa, divulgação e aprofundamento das metodologias sobre o tema. O planejamento de leiaute na indústria é essencial para a organização da produção, visando economia de tempo e dinheiro na movimentação de materiais, na ergonomia e localização de postos de trabalho.

Este trabalho traz para a academia e para a sociedade uma compilação do que há na literatura sobre planejamento e otimização de leiaute, sendo, desta forma, um material guia no estudo do tema. Além disso, a busca pelos métodos aplicados na indústria e a comparação destes com as metodologias disponíveis no meio acadêmico é ponto de interesse para profissionais da área. O trabalho também se justifica pela pesquisa acadêmica a ser realizada pelos autores, concluintes do curso de engenharia mecânica, e vai possibilitar ao longo de seu desenvolvimento o aprofundamento no assunto, assim promovendo a ampliação dos conhecimentos adquiridos durante o curso.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta essa revisão bibliográfica sobre as classificações clássicas dos tipos de processos, dos tipos de leiaute, das duas principais metodologias de projetos para elaboração de leiaute e dos softwares baseados em heurística e de melhoramento. A finalidade dessa revisão é fornecer uma base conceitual para atender o objetivo desse trabalho em buscar as metodologias de elaboração de leiaute.

2.1 O PROJETO DE PROCESSOS

Primeiramente, é necessário abordar o contexto do projeto do processo por inteiro, já que embora o termo projeto seja comumente associado a projetistas de produtos efetivamente, o projeto de um bem engloba também o local aonde ele vai ser transformado desde a matéria prima ao produto acabado, o que leva a constatar que um administrador de produção também é um projetista. “Projetar é conceber a aparência, o arranjo e a estrutura de algo antes de construí-lo” (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, p. 88, 2009), no caso do projeto de leiaute de um processo industrial, deve-se conhecer intimamente as características de cada tipo de processo e os objetivos a serem alcançados no projeto para que o desempenho do mesmo seja adequado a demanda.

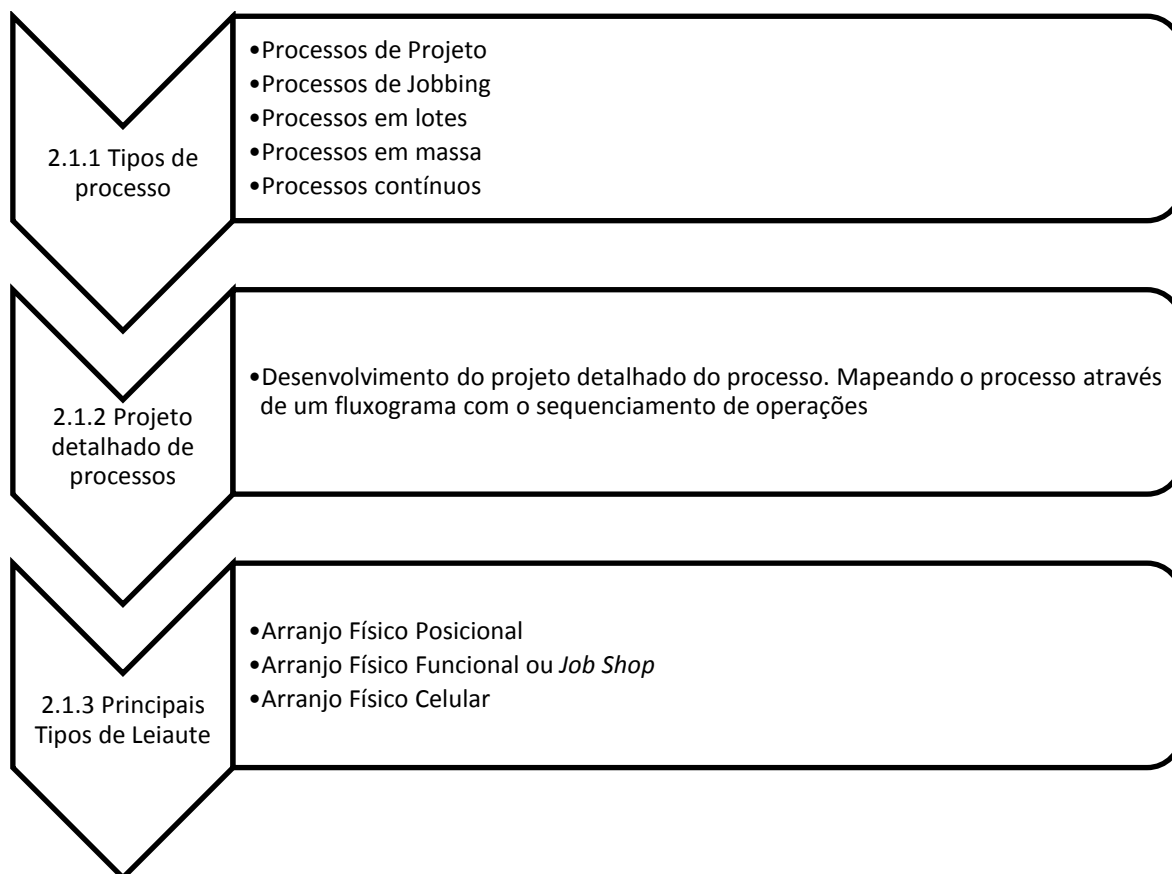


FIGURA 1 – Fluxograma do projeto detalhado de processo

Fonte: Elaborado pelos autores

2.1.1 TIPOS DE PROCESSOS DE MANUFATURA

Slack, Chambers e Johston (2009) enfatizam a influência da relação volume-variedade do produto no tipo de processo no qual o mesmo está inserido em uma “abordagem geral” para gerenciar as atividades do processo. Pode-se citar como exemplo a fabricação de alimentos enlatados, um alto volume com uma baixa variedade e como o oposto um estaleiro, onde o volume é baixo e a variedade de opções alta. A FIGURA 2 ilustra como os tipos de processo estão colocados em um plano que relaciona o volume de produção com a variedade de produtos acabados, iniciando pelos processos por projeto (baixo volume e alta variedade) até os processos contínuos (alto volume e baixa variedade).

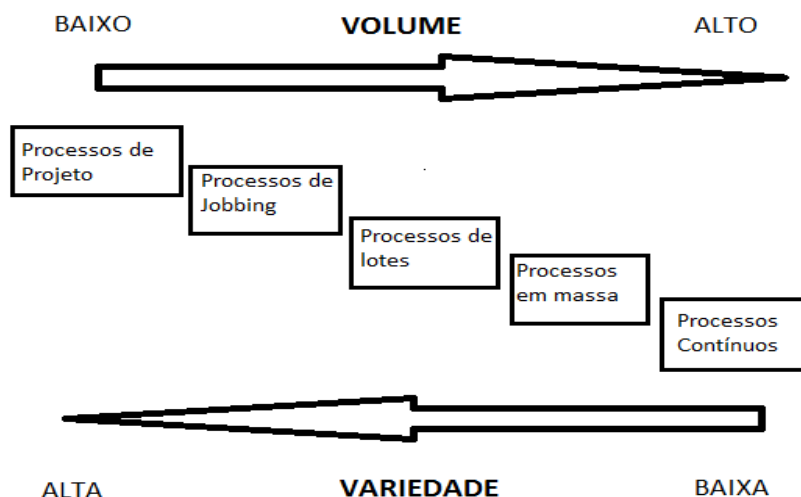


Figura 2 - Matriz Volume x Variedade

Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Johston (2009)

Embora a especificação dos tipos de processos seja relevante para distinguir as características de cada processo, os mesmos autores destacam a existência de uma linha muito tênue entre a classificação de cada um deles e em alguns casos, onde os processos acabam se interligando, essa diferenciação torna-se muito simplista para afirmar-se sem dúvidas em qual nível o processo se encaixa.

2.1.1.1 PROCESSOS DE PROJETO

Slack, Chambers e Johston (2009) classificam como processos de projeto os que dizem respeito a produtos usualmente bastante concretos quanto as suas especificações e utilização. Como o produto conta com um projeto especial para sua concepção, o intervalo de tempo entre o pedido e a conclusão do produto costuma ser alto, portanto os processos de projeto caracterizam-se por uma alta variedade aliada de um baixo volume, além do exemplo do estaleiro já utilizado anteriormente, pode-se associar o processo de projeto a construção de um imóvel. Tendo como exemplo esses processos, pode-se notar que os recursos transformadores do produto são especialmente organizados de forma a atender quase que exclusivamente cada um deles. O produto está fixo e os recursos são organizados no seu entorno

2.1.1.2 PROCESSOS DE JOBBING

Processos de *jobbing* também estão associados a baixos volumes e variedade alta, mas diferentemente dos processos de projeto, os recursos de transformação processam diversos produtos que exigem a mesma operação, mas estão diferenciados pelas suas necessidades específicas, que usualmente já são conhecidas e frequentemente necessitam de uma habilidade em especial do operador ou da máquina para a transformação do produto, tornando o processo menos complexo (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009).

Segundo os mesmos autores, os processos de *jobbing* em geral produzem itens em maior quantidade e tamanhos menores do que os processos de projeto, e dificilmente os trabalhos de um mesmo processo de *jobbing* alcançaram resultados iguais, ou seja, a maioria dos produtos resultantes de um processo de *jobbing* é único, tendo alta variedade. Como exemplo de processos de *jobbing* têm-se oficinas especializadas em um tipo de processamento como oficinas de costura, reparação de móveis, gráficas, estúdios de fotografia, etc.

2.1.1.3 PROCESSOS EM LOTES

Como o próprio nome sugere, segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), o processo em lotes não trabalha com a entrega de apenas uma unidade do produto, mesmo que em poucas unidades não há a exclusividade proposta pelos processos citados anteriormente, o processo em lotes diferencia-se do processo de *jobbing* por este motivo, é presente no processo a repetição de atividades até o preenchimento do lote. Desse modo o processo em lotes está presente em um conjunto mais amplo na relação volume-variedade.

Como exemplos de processos em lotes pode ser citada a fabricação de peças de conjuntos que serão montados em uma produção em massa, como máquinas-ferramenta, estamperia, produção em lotes de vestuário, etc.

2.1.1.4 PROCESSOS DE PRODUÇÃO EM MASSA

Os processos de produção em massa envolvem volumes de produção consideravelmente maiores e baixa variedade, tornando a atividade padronizada e

consequentemente muito mais previsível. Um exemplo de produção em massa é uma fábrica de automóveis, os quais apesar da diferenciação quanto a modelos e cores, dificilmente não se diferenciam no sequenciamento de operações e ferramentaria utilizada, não afetando o processo básico de produção.

2.1.1.5 PROCESSOS CONTÍNUOS

Slack, Chambers e Johston (2009) indicam que processos contínuos estão além dos processos em massa, constituem-se de processos que se aproximam de serem inflexíveis e um volume muito mais alto de produção praticamente ininterrupto. Exemplos de processos contínuos são as refinarias petroquímicas, redes de distribuição elétrica e siderúrgicas.

2.1.2 PROJETO DETALHADO DE PROCESSOS

Após a definição do tipo de processo a ser empregado, segundo Slack, Chambers e Johston (2009), é necessário o desenvolvimento do projeto detalhado do processo, passo a passo, seguindo todas as atividades a serem realizadas para a transformação do produto, até mesmo as que não agregam valor ao mesmo, a ordem delas, restrições pertinentes ao processo e todas as variáveis intrínsecas ao processo. Essa atividade é denominada mapeamento de processo e existem diferentes técnicas para sua execução, utilizando símbolos representativos para cada atividade através de um fluxograma mostrando o sequenciamento de operações. Após o mapeamento do processo pode-se avançar para o projeto do arranjo físico a ser utilizado.

2.1.3 PRINCIPAIS TIPOS DE LEIAUTE

Da mesma maneira que os tipos de processos são relacionados pela relação volume-variedade do produto, analogamente, os tipos de leiaute a serem empregados na produção também estão intimamente ligados a esta relação que é extremamente importante no projeto do processo, os efeitos da relação estão evidenciados na FIGURA 3, pode-se perceber a aproximação do leiaute fixo à um fluxo intermitente, isto é, com pausas e tempos de execução maiores, já o leiaute linear aproxima-se do fluxo regular e contínuo de produção. Então, são apresentados os tipos de arranjo físicos comumente utilizado e citados por Slack,

Chambers e Johnston (2009), relacionando-os com os principais tipos de processos de manufatura.

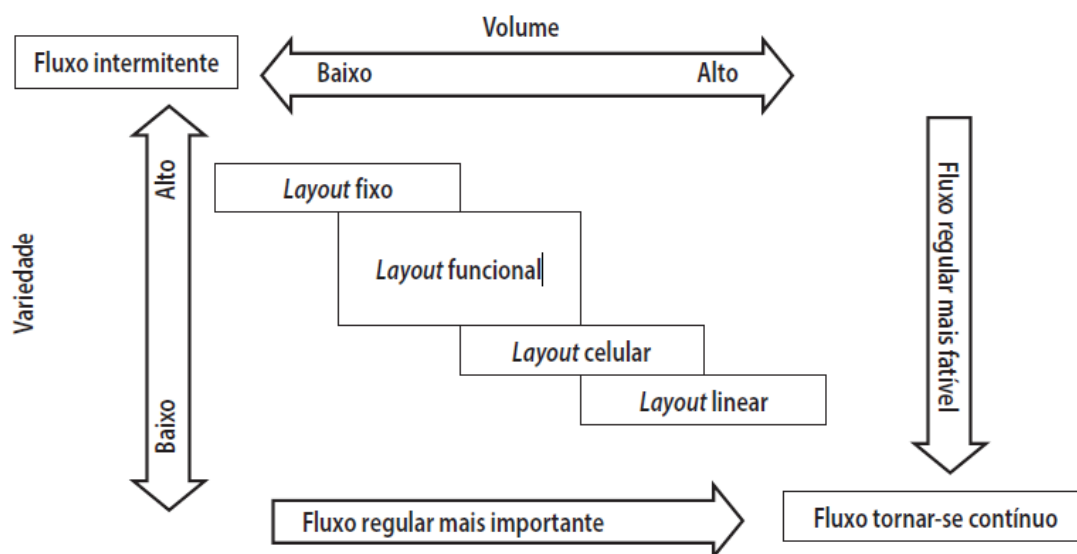


Figura 1 - Relação Volume x Variedade no tipo de leiaute

Fonte: Retirado de Rosa (2014)

2.1.3.1 ARRANJO FÍSICO POSICIONAL

Neste arranjo físico o produto a ser transformado está fixo, com os recursos transformadores se movendo em torno e até mesmo por dentro do produto para realizarem as operações necessárias, por este motivo, pode ser chamado de arranjo físico de posição fixa (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009). Este tipo de leiaute é normalmente utilizado para produtos muito grandes para serem movidos de modo eficiente, ou então para produtos delicados, que necessitam de cuidados especiais. Como exemplo, Martins e Laugeni (2005) citam a construção de uma rodovia, um avião, um estaleiro ou uma construção civil, que permite então fazer a analogia do arranjo físico posicional com o processo de produção por projeto, ou em determinados casos em processos por *jobbing*.

Para o projeto do leiaute posicional deve-se ter como objetivo principal tornar mais fácil a ação dos recursos transformadores no produto a ser transformado, movimentações desses recursos transformadores serão necessárias, mas o

posicionamento deles deve estar adequado de maneira a não causar maiores dificuldades na ação de transformação (PEINADO e GRAEML, 2007).

2.1.3.2 ARRANJO FÍSICO FUNCIONAL OU JOB SHOP

É assim chamado porque se adapta as funções e necessidades dos agentes transformadores que são pertinentes ao processo, também chamado de arranjo físico por processo, isto quer dizer que recursos ou processos similares estão localizados todos juntos um do outro de forma a beneficiar a produção (MARTINS e LAUGENI, 2005). De modo geral, é utilizado quando o fluxo das operações tem um roteiro pré-definido, porém os produtos têm alta variedade, tendo para cada produto necessidades de transformação diferentes e conseqüentemente diversos roteiros de fluxo, mas esse arranjo torna os setores facilmente localizáveis e acessíveis. Pode-se associar esse tipo de arranjo físico aos processos por *jobbing* ou por lotes, como exemplo pode-se citar também uma biblioteca, exemplificada na FIGURA 4:

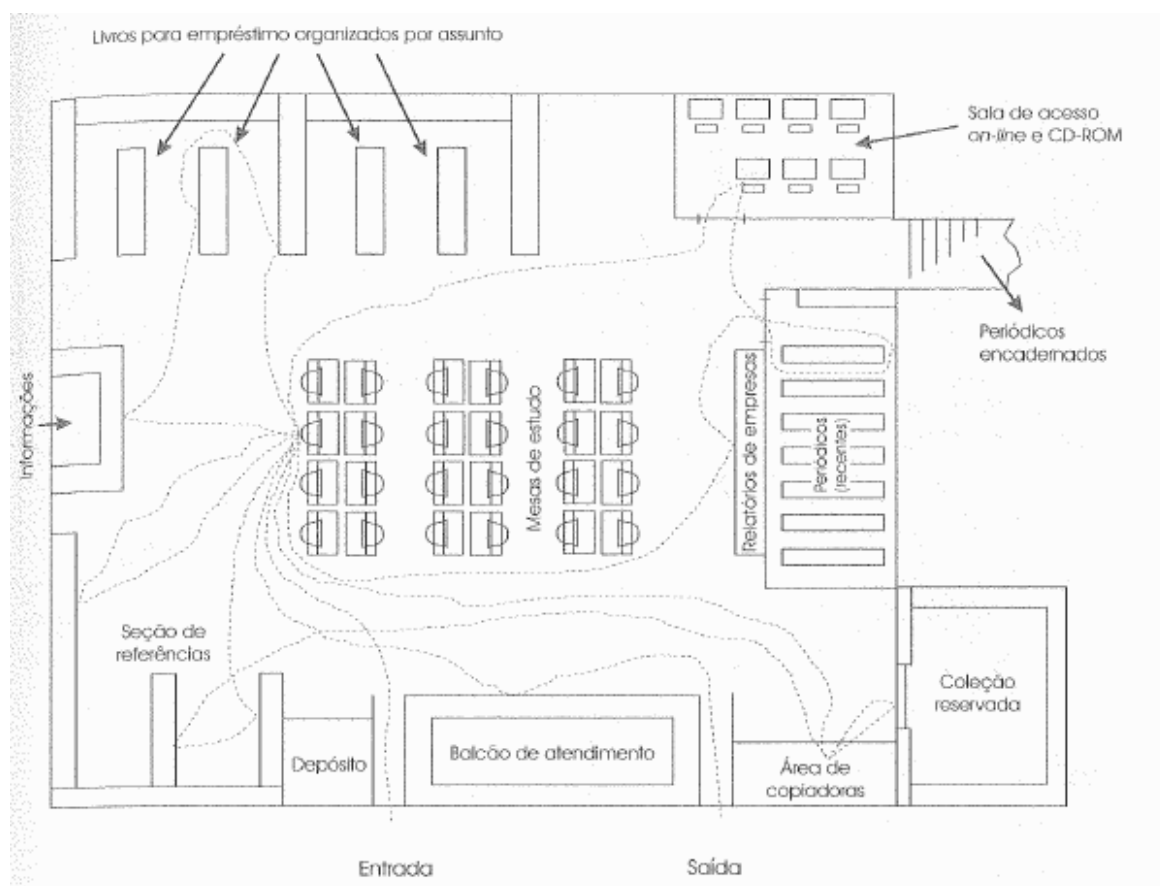


Figura 2 - Biblioteca, um exemplo de leiaute funcional

Fonte: Retirado de Slack, Chambers e Johnston (2009)

Deste modo, Slack, Chambers e Johston (2009) enfatizam que pela imensa variedade de possibilidades de organização dos processos separadamente, o leiaute do tipo funcional é o mais complexo de se implantar em um ambiente industrial, é altamente dependente da experiência e bom senso do projetista e uma solução ótima não é alcançada com facilidade. Os mesmos autores citam a importância do mapeamento de fluxo de cada produto a ser transformado e do diagrama de relacionamentos entre as operações para o início do projeto. Devido a esta dificuldade são empregados meios computacionais com o objetivo de alcançar a melhor solução.

2.1.3.3 ARRANJO FÍSICO CELULAR

Para Slack, Chambers e Johston (2009), o arranjo físico celular é uma tentativa de trazer alguma ordem de operações especiais para cada produto que quase não é existente no arranjo físico funcional, ocasionalmente sugerindo o início da visão do arranjo físico por produto. No arranjo físico celular os produtos a serem transformados são pré-selecionados antes de entrar na operação para seguirem um caminho de operações específico (ou célula) para atender suas necessidades de transformação. Portanto, com a existência de um sequenciamento maior de operações, pode-se associar este tipo de leiaute com o processo por lotes ou até mesmo em massa.

Segundo os autores, no projeto de um leiaute celular os fatores mais importantes antes da tomada de decisão são analisar o fluxo da produção e conhecer o porte e natureza das células a serem empregadas. A análise do fluxo de produção consiste no mapeamento de fluxo de cada produto mantendo atenção às máquinas a serem utilizadas em forma de matriz e consequente agrupamento das famílias de produtos que utilizam máquinas semelhantes, nos quadros 1 e 2 pode-se observar como um simples rearranjo da matriz pode facilitar o projeto do leiaute:

Quadro 1 – Matriz A – Mapeamento do fluxo de produtos nas máquinas a serem utilizadas

		FAMÍLIAS DE PRODUTOS							
MÁQUINAS		1	2	3	4	5	6	7	8
	1						X		X
	2	X			X			X	
	3		X			X			X
	4			X			X		X
	5	X			X			X	
	6			X					X
	7				X			X	
	8		X			X			

Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2009)

Quadro 2 – Matriz B – Rearranjo da Matriz A utilizando células de produção

		FAMÍLIAS DE PRODUTOS							
MÁQUINAS		3	6	8	5	2	4	1	7
	4	X	X	X					
	1		X	X	CÉLULA A				
	6	X		X					
	3			X	X	X	CÉLULA B		
	8				X	X			
	2						X	X	X
	5				CÉLULA C			X	X
	7						X		X

Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2009)

Os mesmos autores citam a importância do conhecimento do porte e a natureza das células, essas características são descritas pela quantidade de recursos diretos (de transformação) e indiretos (auxiliadores da transformação) que a célula necessita. Células com baixa necessidade de recursos indiretos e alta necessidade de recursos diretos são conhecidas como células puras, onde o produto pode ser produzido por completo dentro da célula, quando a necessidade de recursos indiretos também é alta, a atenção ao apoio imposto pela célula é imprescindível para torná-la autossuficiente. Em células com baixa necessidade de

recursos diretos, Slack, Chambers e Johston (2009) recomendam que os recursos devam ser localizados juntos, já que são frequentemente utilizados.

2.1.3.4 ARRANJO FÍSICO POR PRODUTO OU FLOW SHOP

Também chamado de arranjo físico em fluxo (*flow shop*) ou em linha, segundo Slack, Chambers e Johston (2009) este tipo de leiaute industrial dá a preferência ao produto transformado, organizando os recursos transformadores da melhor maneira possível a aperfeiçoar a produção diminuindo desperdícios citados nos conceitos de *just-in-time* como estoques intermediários e o tempo de produção do bem. O produto segue uma linha de produção em massa ou contínua, portanto é associado a baixa variedade e alto volume de produção, tornando o processo e resultados altamente previsíveis e de fácil detecção de erros ou desperdícios, a uniformidade da produção é o requisito básico, de forma análoga aos processos de produção em massa ou contínua.

Segundo Peinado e Graeml (2007), para o projeto detalhado deste arranjo físico é importante conhecer os princípios da manufatura enxuta (*Lean Manufacturing*) idealizados no Sistema Toyota de Produção (TPS), dentre eles o sistema puxado (*Kanban*), fluxo contínuo, automação (*Jidoka*), entre outros. De início é indispensável saber o tempo de ciclo em que o cliente necessita que a produção opere para atender a demanda (*tempo takt*), ou seja, em qual intervalo de tempo *takt* deve sair um produto acabado. O tempo de trabalho total necessário para a produção do mesmo também deve ser conhecido, sabendo esses tempos, pode-se calcular o número de estágios necessários para atender a demanda pela equação (1):

$$N^{\circ} \text{ de estágios} = \frac{\text{tempo total de trabalho}}{\text{tempo takt}} \quad (1)$$

Isto posto, o tempo de cada estágio de produção deve ser adequado de forma a atender ao *tempo takt*, evitando deixar postos de trabalho ociosos ou sobrecarregados, alcançando a melhor divisão de tarefas. Essa divisão é chamada balanceamento da linha de produção (PEINADO e GRAEML, 2007).

2.1.4 VANTAGENS DE CADA TIPO DE LEIAUTE

Dadas às características de cada estilo de leiaute listadas anteriormente, é possível associar cada um com as vantagens e desvantagens que essas características trarão ao projeto conforme apresenta o Quadro 3:

Quadro 3 – Vantagens e desvantagens de cada tipo de arranjo físico

TIPOS DE ARRANJO FÍSICO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
POSICIONAL	<ul style="list-style-type: none"> • Não há movimentação do produto • Facilidade de aplicação de técnicas de automação e controle • Possibilidade de terceirização do projeto 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta complexidade na supervisão e controle de todo o processo devido ao tamanho do projeto ser normalmente grande • Produção em pequena escala • Padronização quase inexistente
FUNCIONAL	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibilidade para atender a variação de demanda • Atende a diversos produtos e quantidades simultaneamente • Menor investimento para a instalação dos setores • Produto final geralmente de maior valor agregado 	<ul style="list-style-type: none"> • Fluxo longo dentro da fábrica (muitas movimentações) • Dificuldade de balanceamento • Necessidade de mão-de-obra especializada • Setup de máquinas
CELULAR	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição de movimentações • Redução de estoques intermediários • Facilidade de treinamento e entrosamento dos funcionários de uma mesma célula • Aumento de flexibilidade em relação ao arranjo físico por produto 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior dificuldade na elaboração da célula em relação aos arranjos por processo e por produto • Especificidade de uma família ou produto
POR PRODUTO	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilidade de produção em massa com grande produtividade • Bom controle de produtividade • Carga de máquina e consumo de material constante e otimizado 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto investimento em máquinas • Falta de flexibilidade na linha • Fragilidade a paralizações • Dependência aos gargalos • Dificuldade de manutenção

Fonte: Adaptado de Peinado e Graeml (2007)

2.2 METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA A ELABORAÇÃO DE LEIAUTE

Das metodologias utilizadas para a elaboração de leiaute, a mais consagrada é o Planejamento Sistemático de Leiaute (*Systematic Layout Planning*), também conhecido como SLP, escrita pelo por Richard Muther, em 1978.

2.2.1 SLP - PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO DE LEIAUTE (*SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING*)

O SLP (*Systematic Layout Planning* – Planejamento Sistemático de Leiaute) proposto por Muther (1978) trouxe uma metodologia muito bem estruturada seguindo uma lógica de elaboração de leiautes que consiste em quatro fases, cada uma contendo um modelo de procedimentos bem definido e uma série de convenções para identificação, avaliação e visualização dos elementos envolvidos no planejamento do arranjo físico. Embora tenha sido apresentado há muito tempo, ainda possui grande aplicabilidade e serve de referência quando se trata de projetos de arranjos físicos industriais, especialmente quando se trata de uma separação funcional (SANTOS, GOHR e LAITANO, 2012).

Para o início do desenvolvimento do projeto de arranjo físico, de acordo com Muther (1978), é necessário o conhecimento dos dados de entrada. “A chave dos problemas de arranjo físico” estão em ordem alfabética a partir da letra P e formam a base para o planejamento das instalações e levarão ao projetista um ponto de partida seguro, são eles:

- **Produto:** O que é produzido pela empresa ou área em questão, envolvendo todo seu contexto, desde a matéria prima ou peças compradas até o produto acabado.
- **Quantidade:** O volume de material utilizado e produzido.
- **Roteiro:** Os processos pelos quais o produto passa desde sua chegada até sua finalização, passando por todas suas fases de transformação, incluindo as máquinas e equipamentos utilizados. Anteriormente citado por Slack, Chambers e Johston (2009) como o mapeamento do fluxo da produção do bem.

- **Serviços de suporte:** Recursos e atividades auxiliares que devem suprir a área em questão, proporcionando as condições necessárias para o funcionamento da produção sem grandes interrupções.
- **Tempo:** Entende-se como o prazo estabelecido pela demanda, isso definirá quando e com qual frequência produzir.

A estruturação das quatro fases do SLP é descrita por Muther (1978) da seguinte forma:

I. Localização: Determinação da área para a qual será feita o planejamento da instalação, isto é, se o novo leiaute estará na área já utilizada, se haverá a aquisição de uma nova área, ampliação, etc.

II. Arranjo físico geral: Esta fase determina a posição relativa entre as diversas áreas do edifício industrial numa visão macro do ambiente, levando em conta o roteiro estabelecido anteriormente e as inter-relações entre os setores.

III. Arranjo físico detalhado: Envolve o arranjo interno de cada área, isto é, a localização detalhada da infraestrutura física necessária para a produção, constituindo a posição de todas as máquinas e equipamentos referentes a cada setor estabelecido na fase anterior.

IV. Implantação: Esta fase consiste na execução do que foi planejado, tratando da apropriação do capital necessário para a implantação, e conseqüente movimentação de máquinas, equipamentos e recursos a fim de que estejam devidamente situados em concordância com o planejamento.

Segundo Santos, Gohr e Laitano (2012), pode-se afirmar que a estruturação das fases do SLP demonstra a abrangência deste método, que pode ser destinado ao projeto completo de uma instalação produtiva, e quando aplicado a otimização de um arranjo físico já em operação que necessita de melhorias em alguma área em específico, o escopo do projeto pode ser limitado a uma ou duas fases, respeitando a sua hierarquização. Além disso, as fases do SLP são compatíveis e equivalentes aos níveis de análise adotados em outros procedimentos relevantes para projeto de leiaute, como por exemplo a obra Projeto de Instalações e do Local de Trabalho (LEE, 1998).

As fases II e III constituem o projeto do arranjo físico propriamente dito, e nelas deve-se seguir o modelo de procedimentos sugerido por Muther (1978), que consiste em três conceitos fundamentais:

1. Inter-relações: grau de dependência ou proximidade entre as atividades
2. Espaço: quantidade, tipo e forma ou configuração dos itens a serem posicionados
3. Ajuste: arranjo das áreas e equipamentos da melhor maneira possível.

Além dos conceitos fundamentais, para a aplicação do SLP é necessário conhecer os elementos pertencentes ao método de avaliação das fases II e III para o selecionamento do plano de leiaute adequado ao projeto. Os elementos são:

- **Fluxo de Materiais:** muitas vezes tende a ser o fator predominante para a definição do arranjo físico das indústrias. Estabelece-se o fluxo progressivo entre as áreas baseado na sequência e intensidade do material deslocado.
- **Inter-relações de atividades:** esta é uma análise mais qualitativa que procura identificar a proximidade relativa entre as áreas e atividades a serem realizadas. A ferramenta indicada para estas relações é conhecida como carta de interligações preferenciais
- **Diagrama de inter-relações:** É a ferramenta que procura relacionar o fluxo de materiais com a inter-relações de atividades.
- **Espaço necessário:** Esta fase consiste na determinação do espaço requerido para a alocação de máquinas, equipamentos e pessoas que serão necessárias para a operação.
- **Espaço disponível:** Reconhecimento do espaço que o edifício dispõe para a instalação de máquinas, equipamentos e pessoas.
- **Diagrama de inter-relações de espaços:** Busca relacionar a necessidade com a disponibilidade de espaço, analisando se é possível a efetivação do projeto e tem o objetivo de gerar um arranjo físico prévio.
- **Considerações de mudanças:** Métodos de movimentação, recursos de estocagem, fatores relativos a terreno e construção, necessidade de pessoal, serviços de apoio ao processo, suprimentos, etc. Todas as considerações devem ser listadas e comparadas ao próximo elemento.

- **Limitações práticas:** Disponibilidade de capital, segurança, códigos de construção, energia disponível e todas as limitações do espaço e do projeto devem ser comparadas as considerações para posteriormente ser feita a análise de viabilidade das considerações.

- **Avaliação das alternativas:** Etapa final do procedimento, após a geração de concepções, os diferentes planos devem ser avaliados, julgando seus benefícios e limitações.

Internamente a cada elemento de avaliação, são utilizados inúmeros símbolos e convenções para a correta organização e fácil reconhecimento do processo. Conhecidos os conceitos fundamentais do método, as quatro fases, elementos e métodos de avaliação, é possível a aplicação do SLP para a otimização do projeto. O sequenciamento desta geração e avaliação de concepções está ilustrado no fluxograma da FIGURA 5.

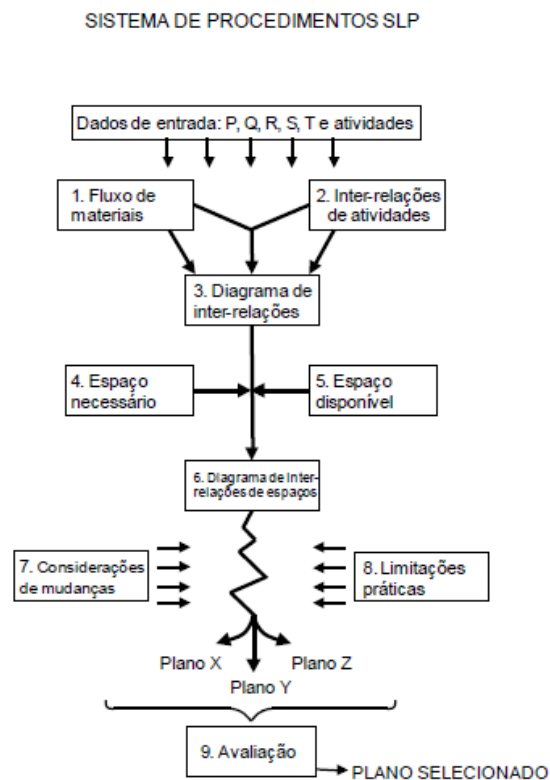


Figura 3 – Modelo de procedimentos do SLP

Fonte: Retirado de Muther (1978)

2.2.2 SLP SIMPLIFICADO

Existe uma abordagem resumida do Sistema SLP de Richard Muther, o Planejamento Sistemático e Simplificado de Leiaute. Este é um resumo do livro Planejamento Sistemático de *Layout (Systemic Layout Planning)* destinado àquele que lida com problemas de leiautes industriais ou comerciais. O SLP Simplificado consiste de uma estrutura de fases que cada projeto deve passar destinado principalmente para escritórios, lojas, laboratórios e áreas de estocagem.

Para Muther e Wheeler (2000), o planejamento sistemático e simplificado de leiaute é um conjunto de seis passos a serem seguidos para a confecção do leiaute, são estes: 1) apresentar o diagrama das relações, 2) estabelecer as necessidades de espaço, 3) definir as relações das atividades no diagrama, 4) desenhar os leiautes de relação de espaços, 5) avaliar os arranjos e 6) detalhar o plano de leiaute selecionado. Qualquer desenvolvimento do leiaute envolve as relações entre as funções e atividades, o espaço que será utilizado e os ajustes a serem realizados para a melhoria destes. Os seis passos seguem esses três elementos básicos.

1) O primeiro passo consiste em identificar todas as atividades envolvidas e relacionar com cada uma das outras atividades em um diagrama de relações como o do exemplo na FIGURA 6. Determinar um grau de proximidade desejado para cada atividade relativa a todas as outras. Registrar as razões de atribuição de cada grau de proximidade. E verificar o seu grau de relacionamento. Neste passo pode-se determinar qual a distância haverá entre cada atividade, sendo o diagrama uma ferramenta de auxílio para a tomada dessas decisões.

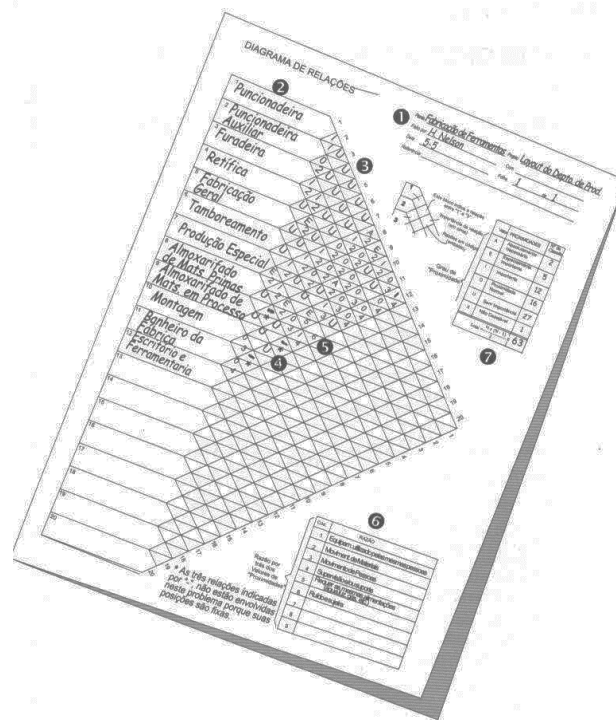


Figura 4 – Diagrama de relações do SLP Simplificado
 Fonte: Retirado de Muther e Wheeler (2000)

2) No segundo passo deve-se utilizar a mesma lista de atividades do passo 1. Com ela deve-se determinar o espaço para atividade listada, estabelecer as necessidades específicas para cada atividade, listar as necessidades para utilidades (água, luz, gás, etc.) e equipamentos diferenciados, além de indicar qualquer necessidade que afete a configuração do espaço em uma atividade. Isto permitirá a determinação da quantidade e do tipo de espaço para cada atividade. A FIGURA 7 mostra um exemplo da Folha das Áreas para determinar a necessidade de espaço.

FOLHA DAS ÁREAS E CARACTERÍSTICAS DAS ATIVIDADES

MID - CONTINENT
 Planta CHEMICAL COMPANY
 Projeto NOVO ALMOX. MANUT.
 Por N.D. Com
 Data 8-5 Pág. 1 de 1
 Requisitos Necessários para a Forma ou Configuração de Área (Espaço)

Nº	Atividade Nome	Área em Mtr qdr Total	Anote a Unidade e a Quantidade Necessária de Cada Um		Características Físicas Necessárias										Anote os Requisitos Necessários para a Forma ou Configuração e Conseqüentemente as Razões				
			Metros	lg/nº	Altura livre	Carga Máxima Admissível no Teto	Carga Máx. do Piso	Espaço Mínimo de Coluna	Água e Drenos	Vapor	Air Condicionado	Funções ou Processos	Preço de Instalação ou Equipamento	Manutenção Especial		Esterilização Especial			
		3925																	
1.	Armaz. de Conexão	550	12	250															
2.	Armaz. de Válvulas	600	12	250															
3.	Armaz. de Itens de Alto Valor	500	10	150															(a)
4.	Armaz. de Tubulações	250	12	150															
5.	Suprimentos Diversos	800	12	150															
6.	Área de Secagem de Piso	300	12	200															
7.	Fabricação	400	14	200															
8.	Acúmulo de Embalagens e Lixo	200	12	150															
9.	Escritório	150	9	150															(b)
10.	Área de Expedição e Recebimento	100	12	250															Somente uma Porta para Caminhões com o Galpão Externo
11.	Banheiros	75	9	150															(b)
12.																			
13.																			
14.																			
15.																			

Referências e observações:
 a. Área Separada Cercada com Tela Metálica
 b. Área com Ar Condicionado

Nº. _____ Atividade _____ Folha _____ de _____

Figura 5 – Folha das Áreas do SLP Simplificado
 Fonte: Retirado de Muther e Wheeler (2000)

3) Neste terceiro passo relacionam-se as atividades entre si visualmente para dar forma básica ao leiaute. Utiliza-se um símbolo para representar a atividade, um código de linha para indicar o grau de proximidade e então se prepara no papel o arranjo das atividades, deixando mais próximas aquelas com maior grau de proximidade. Representando cada atividade como um círculo numerado, unindo-as com um número de linhas que represente sua proximidade e colocando a área necessária para cada atividade, é possível visualizar um melhor arranjo no Diagrama de Relações, exemplificado na FIGURA 8.

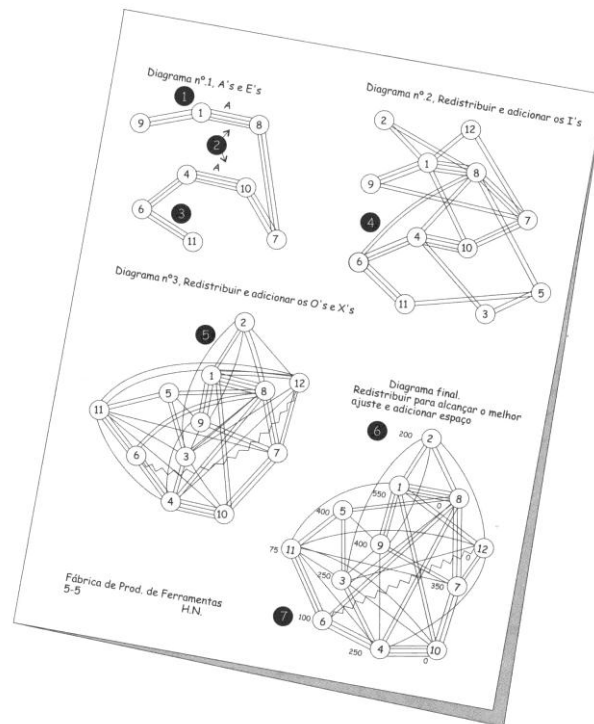


Figura 6 – Diagrama de ligações do SLP Simplificado
Fonte: Retirado de Muther e Wheeler (2000)

4) O quarto passo consiste em dispor, visualmente, o espaço necessário para as atividades. Estabelecida uma escala, desenha-se o esboço do ambiente para cada atividade, seguindo o diagrama do passo 3. Ajusta-se até integrar as condições de modificação e características físicas e então pode ser feito o rascunho das prováveis soluções. Com o passo 4 será possível conseguir as dimensões específicas e verificar as características físicas do espaço, como colunas, acessos, paredes e outros. A FIGURA 9 mostra um exemplo de desenho de opções de leiaute.

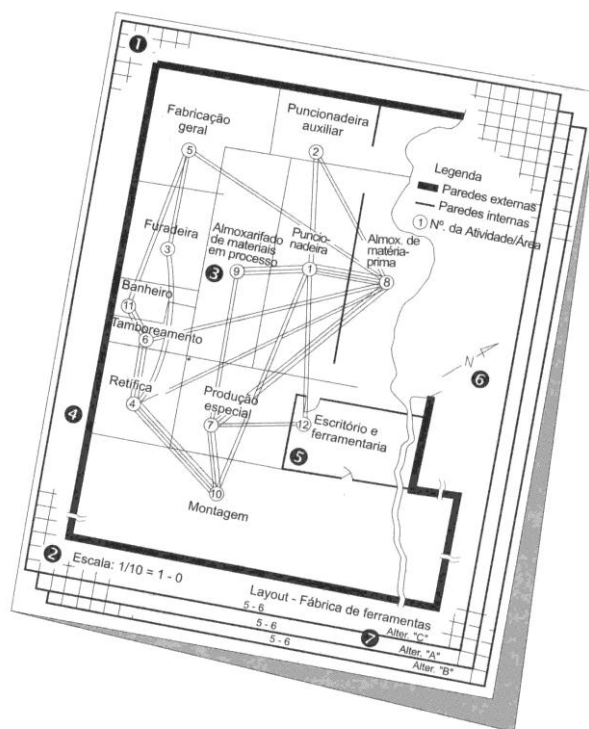


Figura 7 – Desenho de Opções de Leiaute do SLP Simplificado
 Fonte: Retirado de Muther e Wheeler (2000)

5) O passo 5 consiste em selecionar o leiaute mais adequado fazendo uma avaliação dos desenvolvidos no passo 4. Deve-se identificar cada arranjo, estabelecer todos os fatores que afetam a melhor escolha, atribuir o valor de peso para cada uma, classificar cada plano, multiplicar as classificações pelos pesos estabelecidos e então totalizar os valores para que se obtenha a melhor alternativa de forma quantitativa. Assim, têm-se uma escolha não tendenciosa que identificará de forma objetiva a melhor escolha do leiaute. O documento para auxiliar esta avaliação está representado na FIGURA 20.

Fabrica/Área: *Top Fabrication Works* Projeto: *Layout do Depto. de Produção* Data: *7-5*

Descrição das Alternativas: *1. Funcionadeiras da Parte de Cima, Fab. Geral à Direita*

2. *Funcionadeiras Lado Esquerdo, Fab. Geral à Direita* 3. *Funcionadeiras Lado Direito, Fab. Geral à Direita*

4. *Funcionadeiras Lado Esquerdo, Fab. Geral à Esquerda*

Elaborado por: *H. N. e R. W. L.* Classif. por: *H. N. e R. W. L.* Calculado por: *H. N.*

FATOR/CONSIDERAÇÃO	PESO	A	B	C	D	E	OBS
1 <i>Conveniência do Serviço</i>	6	I	E	E			
2 <i>Facilidade da Supervisão</i>	5	O	A	I			
3 <i>Fluxo de Material e Economia no Manuseio</i>	10	I	E	A	I		
4 <i>Flexibilidade</i>	8	O	O	A	I		
5 <i>Investimento Mínimo</i>	8	E	I	I	I		
6 <i>Aparência e Facilidade de Organização</i>	3	A	E	A	I		
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
TOTAIS		81	101	122			

OBS: *Valores das Classificações: A (Quase Perfeito) = 4*
E (Especialmente Bom) = 3
I (Resultados Importantes) = 2
O (Resultados Normais) = 1

Figura 8 – Avaliação das Alternativas do SLP Simplificado

Fonte: Retirado de Muther e Wheeler (2000)

6) Neste sexto e último passo é desenhado o plano de leiaute de forma detalhada, mostrando equipamentos e características do espaço para orientar a instalação. Deve-se reproduzir o leiaute selecionado no passo anterior, identificando as áreas e desenhando os equipamentos em detalhe. Reavaliam-se os ajustes se necessários e identificam-se todos os dados. Com este passo concluído é possível a instalação das máquinas, equipamentos, divisórias, alimentação de água, luz etc. Para ilustrar este passo, a FIGURA 21 traz um exemplo de plano de leiaute detalhado.

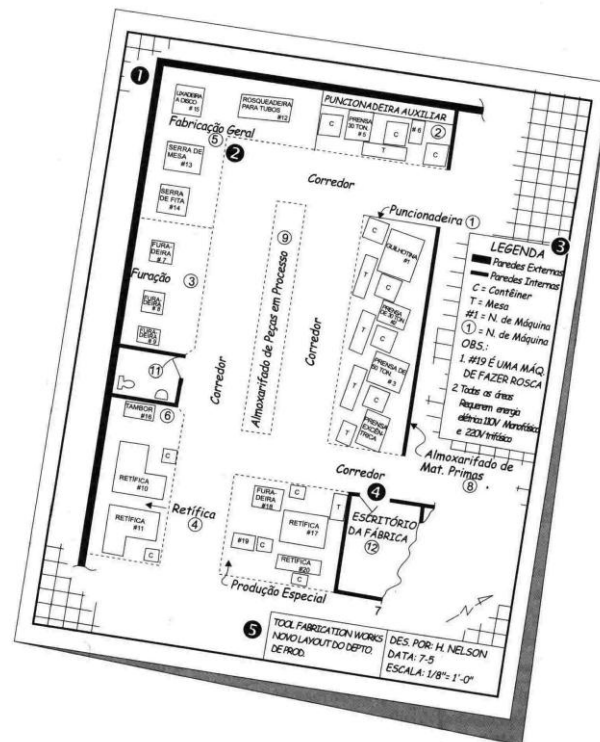


Figura 9 – Plano Detalhado de Leiaute do SLP Simplificado

Fonte: Retirado de Muther e Wheeler (2000)

Conforme mencionado anteriormente, os autores recomendam o Planejamento Simplificado de Leiaute para pequenas e médias instalações. Já o Planejamento Sistemático de Leiaute, completo, permite manipular qualquer tamanho de projeto, podendo suportar fluxos dominantes, relações com e sem fluxos e situações com vários pavimentos e prédios.

2.2.3 SOFTWARES APLICADOS A ELABORAÇÃO DE LEIAUTES

A busca por metodologias eficientes para a elaboração de um projeto de leiaute consiste no desenvolvimento de uma lógica a se seguir de forma a aproveitar da melhor maneira o espaço físico destinado a atividade de produção, assim como em todas as áreas que são necessárias a utilização de uma lógica para a resolução de um problema. Estudiosos da área lógica, mas especificamente computacional, modelaram algoritmos para a resolução do problema de elaboração de um leiaute industrial (MARTINS *et al*, 2003).

Como pioneiros os algoritmos CORELAP (LEE e MOORE, 1967), CRAFT (ARMOUR e BUFFA, 1963), ALDEP (SEEHOF e EVANS, 1967), PLANET

(DEISENROTH e APPLE, 1972) e COFAD (TOMPKINS e REED Jr., 1976) foram desenvolvidos para resolução no problema de elaboração de leiaute utilizando diferentes tipos de lógica computacional com objetivo de minimizar o custo de manipulação de materiais e reduzir movimentações durante o processo (MARTINS et al, 2003). Segundo o mesmo autor os algoritmos CORELAP, ALDEP e PLANET diferem-se dos demais por serem baseados em heurística construtiva, atribuindo os departamentos à área disponível do leiaute um por um até a solução. Por outro lado, CRAFT e COFAD são classificados como algoritmos de melhoramento, necessitando de uma solução inicial a partir da qual o software vai otimizar o arranjo.

Uma vez concluída essa revisão bibliográfica sobre as classificações clássicas dos tipos de processos, dos tipos de leiaute, das duas principais metodologias de projetos para elaboração de leiaute e dos softwares baseados em heurística e de melhoramento, inicia-se no próximo capítulo a metodologia que será empregada neste trabalho de pesquisa.

Quadro 4 – Algoritmos, seus autores e aplicação

Nome	Autores	Aplicação
CORELAP	LEE e MOORE	Heurística construtiva
CRAFT	ARMOUR e BUFFA	Algoritmos de melhoramento
ALDEP	SEEHOF e EVANS	Heurística construtiva
PLANET	DEISENROTH e APPLE	Heurística construtiva
COFAD	TOMPKINS e REED	Algoritmos de melhoramento

Fonte: Elaborado pelos autores

3 METODOLOGIA

Nesse capítulo se definiu a metodologia a ser empregada na pesquisa para atingir os objetivos expostos, justificando sua escolha e mostrando a importância de se utilizar uma metodologia para pesquisa que já tenha sido utilizada por autores que estudam e apresentam o assunto no meio acadêmico.

Para Luna (1997), o trabalho se caracteriza como sendo um trabalho de revisão de literatura, já que o autor cita como objetivos do trabalho de revisão de literatura objetivos comuns ao do presente trabalho. Primeiramente, a determinação do estado da arte, ou seja, o estado atual de uma determinada área de pesquisa, por conseguinte, a revisão teórica, que em geral tem por objetivo redigir um dado problema de pesquisa dentro de um quadro de referências teóricas que pretendem explicá-lo. A revisão de pesquisa empírica tem como objetivo a explicação de como o problema em questão vem sendo pesquisado e solucionado respondendo questões como: Quais procedimentos têm sido empregados no estudo desse problema? Que propostas têm sido apresentadas para a solução do problema? Que procedimentos são empregados para a análise de resultados?

Luna (1997) cita como ponto de partida do levantamento bibliográfico a definição de palavras-chave do problema, assim podendo proceder à consulta de fontes com algum critério de seleção. Como fontes de pesquisa da metodologia de pesquisa bibliográfica o autor recomenda a análise da literatura já publicada principalmente na forma de livros, revistas e artigos disponibilizados fisicamente em bibliotecas ou até eletronicamente, sendo mais fácil a localização nos dias atuais. Outra possibilidade citada pelo autor é a consulta à especialistas na área, que pela experiência adquirida podem auxiliar no início do trabalho, citando alguns autores ou trabalhos referências de pesquisa inicial. Após o levantamento de arquivos relevantes ao estudo, a análise desses arquivos pode revelar através de citações outros trabalhos relevantes ainda não encontrados.

Silva e Menezes (2005) descrevem em alguns passos como deve ser feito o fichamento ou a identificação dos textos relevantes após a etapa de pesquisa:

- I. Definição do tema e levantamento dos aspectos relevantes à elaboração do trabalho, esta etapa é conhecido como plano de trabalho.
- II. Leitura dos textos procurando levantar informações importantes para todos os aspectos escolhidos anteriormente.
- III. Agrupar as informações identificadas como importantes para o trabalho, ler novamente e analisa-las, reunindo os autores por similaridades ou diferenças na abordagem do tema.
- IV. Redação do texto, segundo Azevedo (1998) obedecendo aos critérios de clareza, concisão, correção ortográfica, consistência, precisão, originalidade, correção política e social.

3.1 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

Seguindo a metodologia sugerida por Luna (1997) o trabalho foi desenvolvido como uma revisão da literatura. Com a intenção de atender parte do primeiro objetivo específico do presente trabalho, isto é, buscar os conceitos básicos sobre os leiautes industriais, foi realizado no capítulo 2 um estudo preliminar sobre os tipos de processos, os tipos de leiaute, as metodologias clássicas de elaboração desses leiautes e os softwares citados pela bibliografia. Para a realização deste estudo foi utilizado predominantemente o livro texto de Slack, Chambers e Johnston (2009), disponibilizado na biblioteca central da UTFPR-CT, e complementado com o auxílio de diversos outros autores, que foram referenciados ao decorrer do trabalho.

Para atender o outro aspecto do primeiro objetivo específico, isto é, buscar as metodologias existentes na literatura sobre a elaboração de leiautes industriais, foi realizado o levantamento na literatura das metodologias atuais para elaboração e planejamento de leiaute, e para tanto foi estabelecido como primeiro passo a definição das palavras chave para a realização da pesquisa. As palavras selecionadas pelos autores foram: layout, leiaute, elaboração, SLP, planejamento e metodologia. A procura inicial foi feita nas bibliotecas da região de Curitiba para a identificação de livros, monografias e artigos. As bibliotecas escolhidas são: Biblioteca da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e a Biblioteca da Universidade Federal do Paraná. Além destas, foram consultadas por meio dos respectivos sites das demais bibliotecas das principais universidades do país como a

USP, UFSC, UFMG e UFRJ, seguindo a sugestão de Silva e Menezes (2005). A pesquisa por meio eletrônico foi feita segundo os endereços eletrônicos que são referências de pesquisa apresentadas pelos autores citados. Utilizou-se predominantemente o portal eletrônico dos anais da ABEPRO (Associação Brasileira de Engenharia de Produção), seguindo as mesmas palavras-chave adotadas para a pesquisa nos acervos físicos das bibliotecas.

Selecionados os materiais, foi necessária a obtenção dos mesmos de forma digital ou impressa. Para documentos identificados nas bibliotecas da região foi possível à obtenção temporária via empréstimo das cópias físicas mediante cadastro e identificação pessoal, além disso, alguns trabalhos são disponibilizados gratuitamente, na versão digital, nos sites escolhidos para a busca de teses nas universidades brasileiras. Esta fonte de busca digital de trabalhos também pode ser utilizada para obter os trabalhos encontrados através das ferramentas de buscas *online*.

Após o levantamento e obtenção dos materiais relevantes, foi necessária a avaliação dos materiais encontrados. Para isso foi levado em conta a relevância do assunto abordado, a atualidade da obra e o reconhecimento do autor no meio acadêmico e/ou empresarial, só assim pôde-se partir para a redação do texto efetivamente.

Procurando atender o segundo objetivo específico, isto é, identificar nas universidades de engenharia de produção de excelência nacionais as metodologias propostas para a elaboração de leiaute, foram escolhidas as mesmas universidades citadas anteriormente para identificar que metodologias para o planejamento e elaboração de leiaute estão sendo empregadas e ministradas nos cursos e disciplinas relacionados com o projeto de leiaute industrial. Para tanto, primeiramente foi analisada a ementa, estando relacionada ao assunto estudado avaliou-se a referência bibliográfica e itens do programa relacionados ao tema, também foram contatados os professores responsáveis da área nessas instituições para ter ciência das metodologias ensinadas. A metodologia do levantamento dos trabalhos relevantes para a pesquisa está descrita como fluxograma na FIGURA 22.

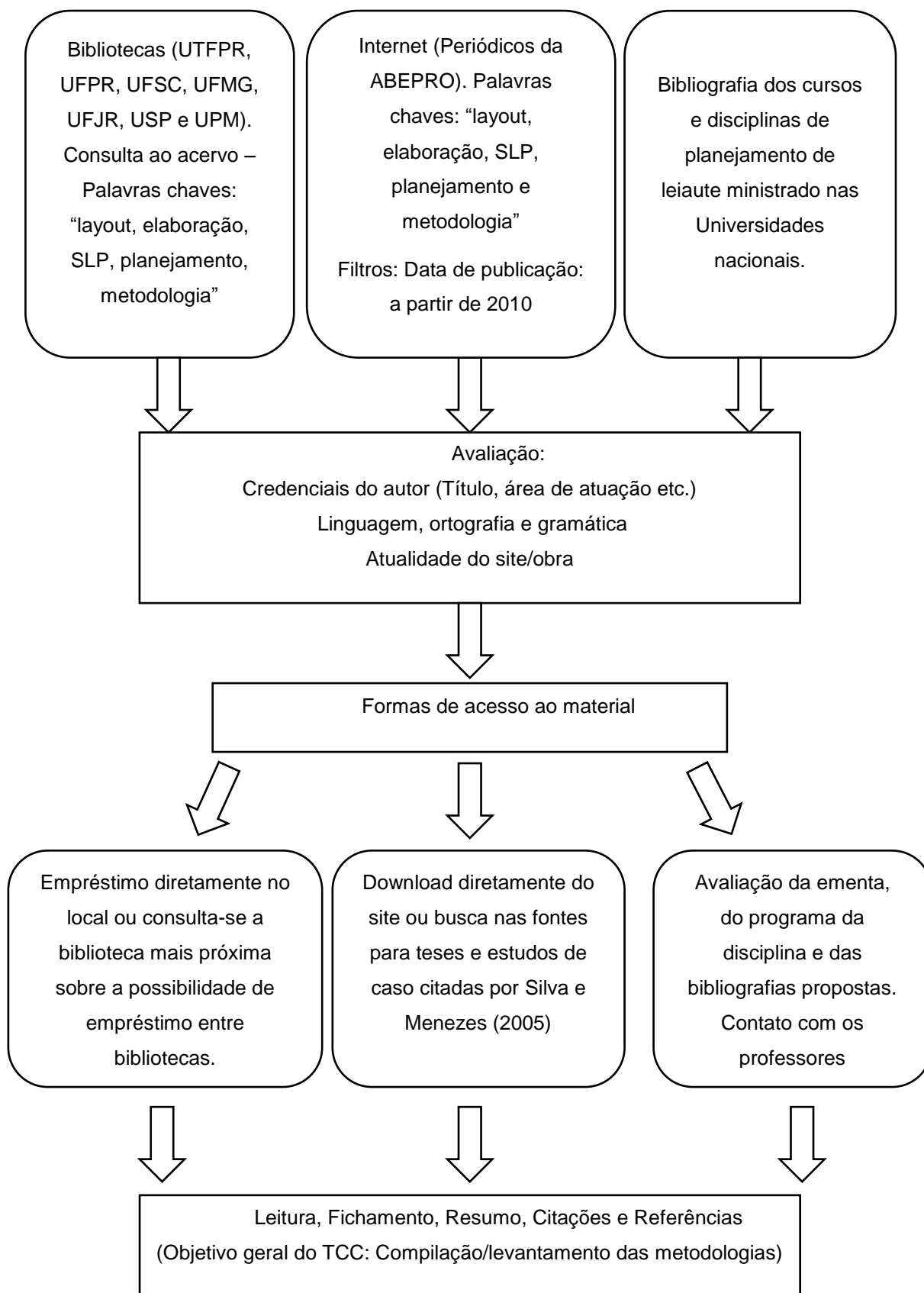


FIGURA 22 – Fluxograma da Metodologia de Pesquisa do Estado da Arte
Fonte: Elaborado pelos autores

Procurando atender o terceiro objetivo específico, isto é, investigar as metodologias efetivamente utilizadas pelas empresas para a elaboração e melhoria dos seus leiautes indústrias, levantaram-se essas metodologias, por meio de sondagens a empresas de consultoria em projetos de leiautes. Como ferramenta para essa sondagem, foi realizado um levantamento através de um questionário rápido, aplicado por e-mail ou telefone, usando como base as perguntas sugeridas por Luna (1997) a respeito da revisão empírica, mas específica para o problema avaliado, ou seja:

- Quais são os tipos de processos dos clientes/associados?
- Quais são as metodologias empregadas para o planejamento do leiaute?
- Quais procedimentos têm sido utilizados no estudo e desenvolvimento de planejamento de leiautes?
- Como é feita a análise dos resultados de um planejamento de leiaute?

3.2 JUSTIFICATIVA DA METODOLOGIA

Para que um projeto de pesquisa atinja resultados satisfatórios, é necessário que este esteja baseado em um planejamento cauteloso e seja construído sobre conhecimentos já existentes de autores consagrados. A pesquisa é um trabalho em que não se tem total controle ou previsibilidade do processo, logo, utilizar uma metodologia já fundada permite seguir um norte para o projeto de pesquisa. (SILVA e MENEZES, 2005)

Esta metodologia foi descrita em publicações sobre prospecção, pesquisa e desenvolvimento de teses e dissertações encontradas. Os trabalhos foram realizados por doutores na área de pesquisa, como Luna (1997), e com ênfase na engenharia de produção, como na publicação de Silva e Menezes (2005) e no livro Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações (MIGUEL, 2012). Estes têm como referências em comum os trabalhos do Professor Doutor Pedro Demo, como Avaliação Qualitativa (DEMO, 2010) e Pesquisa e Construção de Conhecimento (DEMO, 2012), da Universidade de Brasília, profissional consagrado na área de pesquisa. Assim, a metodologia pode ser considerada ideal para que o presente trabalho atinja os resultados desejados.

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão demonstrados os frutos das pesquisas realizadas pelos autores em suas duas frentes, teórica e empírica, comparando e justificando os resultados.

4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1.1 ARTIGOS E ESTUDOS DE CASO

De acordo com a metodologia estabelecida no capítulo anterior, este subitem busca atender parte do primeiro objetivo específico, isto é, buscar as metodologias existentes na literatura sobre a elaboração de leiautes industriais.

Para todo trabalho de pesquisa é relevante à obtenção de dados quantitativos em relação ao tema, assim pode-se ter bons indicativos do que é mais utilizado efetivamente. No caso do tema de estudo foram encontrados diversos artigos e principalmente estudos de caso publicados todos os anos, especialmente a partir de 2010. Buscou-se, então, levantar quais foram as principais abordagens utilizadas nesses trabalhos relacionados à elaboração de leiautes industriais citados nos anais do ENEGEP (Encontro Nacional de Engenharia de Produção), organizado pela ABEPRO (Associação Brasileira de Engenharia de Produção).

Na seção “Projeto de Fábrica e Instalações Industriais”, foram encontrados 62 artigos publicados desde 2010 até 2017 em todos os Encontros Nacionais de Engenharia de Produção realizados anualmente. Destes, 45 artigos, representando um percentual de 72,58%, eram artigos publicados com a intenção da melhoria do leiaute industrial. Outros 13 artigos, correspondendo a 28,88% do total, buscavam a melhoria qualitativa do leiaute apenas por meio da análise e observação da produção seguida de uma sugestão de novo leiaute. Apenas quatro artigos, 8,88% do total, buscavam orientar o leitor quanto aos benefícios e fatores que influenciam a elaboração do leiaute. A FIGURA 23 ilustra a distribuição desses três grupos de artigos.

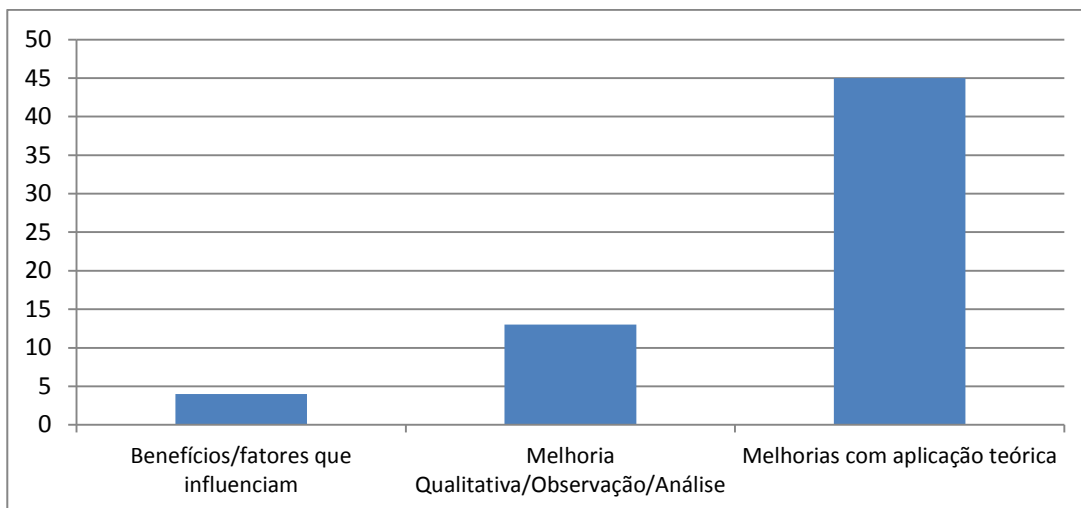


FIGURA 23 – Análise quantitativa

Fonte: Elaborado pelos autores

Com relação ao primeiro grupo de artigos, aqueles 45 publicados com a intenção da melhoria do leiaute industrial, pôde-se levantar quais eram as referências ou teorias metodológicas mais citadas ou empregadas. O quadro 4 ilustra esses dados.

Quadro 4 – Análise quantitativa

Método/Referência	Contagem	%
SLP (MUTHER, 1978)	18	40%
Projeto de Instalações e do Local de Trabalho (LEE, 1998)	6	13,3%
<i>Facilities Planning</i> (TOMPKINS, WHITE e BOZER 2003)	5	11,1%
Projeto de Fábrica (OLIVÉRIO, 1985)	5	11,1%
MFV (Mapeamento do Fluxo Valor)	4	8,8%
Planejamento de Instalações Industriais (VILLAR, NÓBREGA JUNIOR 2004)	3	6,6%
Balanceamento de linha	2	4,4%
Teoria das filas	1	2,2%
FIFO (First-In First-Out)	1	2,2%

Fonte: Elaborado pelos autores

Pode-se notar que a metodologia mais citada é o Planejamento sistemático de layout: SLP (MUTHER, 1978). Pode-se separá-los entre os que utilizam a metodologia SLP para aplicação industrial, os que utilizam a metodologia aplicada

ao ambiente público de prestação de serviços e os que apenas citam o SLP. A FIGURA 24 ilustra essa distribuição.

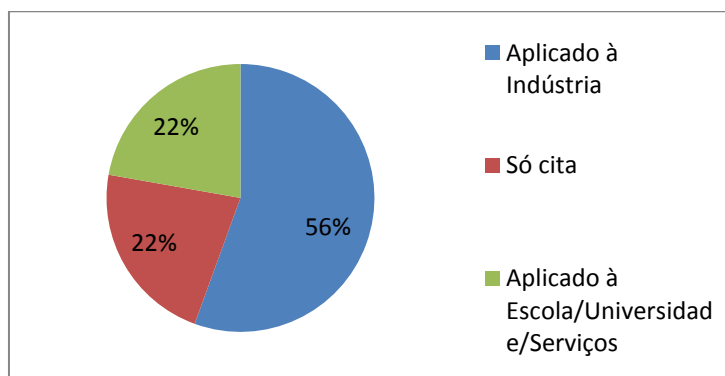


FIGURA 24 – Utilização do SLP

Fonte: Elaborado pelos autores

Ainda em relação aos artigos que se utilizam de teorias aplicadas à elaboração de leiaute, pode-se notar que 18% citam a utilização de *softwares* de apoio para a elaboração do leiaute, sejam eles algoritmos para elaboração de leiaute ou apenas *softwares* auxiliares de desenho do ambiente. A FIGURA 25 ilustra essa distribuição.

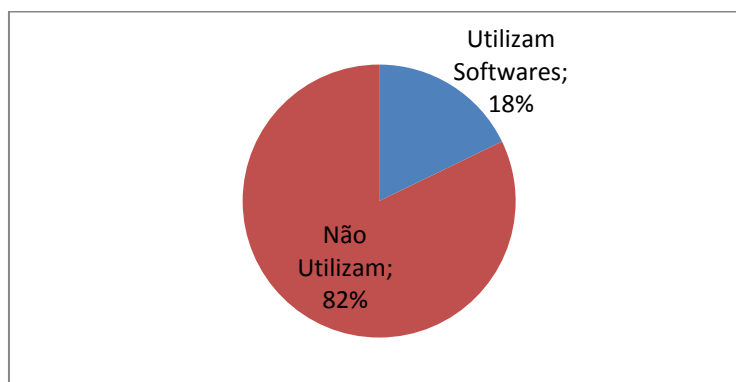


FIGURA 25 – Utilização de softwares no planejamento do leiaute

Fonte: Elaborado pelos autores

Dentre os *softwares* utilizados destaca-se o CAD (*Computer Aided Design*-Desenho Auxiliado por Computador) que é utilizado em sete dos oito artigos que utilizam *softwares*. Este é uma forma de auxílio apenas para o desenho da planta, já que não apresenta nenhum suporte para soluções específicas no projeto de fábrica. *Softwares* de simulação de produção são utilizados em apenas dois artigos.

4.1.2 UNIVERSIDADES

De acordo com a metodologia estabelecida no capítulo anterior, este subitem busca atender o segundo objetivo específico, isto é, identificar nas universidades de engenharia de produção de excelência nacionais as metodologias propostas para a elaboração de leiaute.

As universidades selecionadas para a pesquisa de revisão bibliográfica foram: UFRJ, USP, UFSC, UFMG, UFPR, UFRGS e a Universidade Presbiteriana Mackenzie. Foram buscadas matérias que tenham por objetivo a apresentação das metodologias e bibliografias utilizadas para planejamento de leiaute, assim como o planejamento do mesmo.

De maneira geral, as universidades baseiam-se em bibliografias que arrolam métodos antigos na organização da produção e no desenvolvimento do leiaute industrial. Müther (1978), Lee (1998), e Moore (1962) foram os autores citados, além de Slack, Chambers e Johston (2009) como bibliografia para gestão da produção.

Nas universidades federais do Rio de Janeiro e de Santa Catarina, as principais bibliografias identificadas foram as apostilas das respectivas instituições, que são baseadas nas metodologias de SLP, do Muther (1978), e nas Normas Regulamentadoras (NBR's).

A apostila desenvolvida pela professora Mirna De Borba, da UFSC (BORBA, 1998), cita, além do SLP, os métodos do Torque com Valores Corrigidos, do Diagrama De-Para, dos Elos e da Sequência da Demanda Direcional NOY. De modo geral, estas metodologias preocupam-se em definir as sequências de fabricação do produto e as inter-relações entre as tarefas, com pequenas diferenças entre si.

As matérias que abrangem o planejamento de instalações industriais dão maior ênfase na apresentação de conceitos de gestão e organização da produção, para posteriormente apresentar o método de planejamento propriamente dito. Além de mostrar questões de segurança, ergonomia e normatização. A ementa da disciplina de Projeto de fábrica da Universidade de São Paulo sugere que a organização dos processos de fabricação, movimentação interna e estocagem são enfatizadas ao apresentar os conceitos e metodologias básicas para o desenho da planta fabril.

Ao responder o e-mail sobre a pesquisa realizada neste trabalho, o professor Dario Ikuo Miyake, responsável pela disciplina “Projeto de Fábrica”, da Universidade de São Paulo, refere Muther (1978) como primeira bibliografia para elaboração de leiautes. Porém, além do SLP, o professor apresenta o método de agrupamento de Tecnologia de Grupo, TG.

Na TG as peças são identificadas e agrupadas em famílias através de sistemas de classificação e codificação, com o objetivo de explorar as similaridades básicas de peças e de processos. Algumas vantagens dessa metodologia são a padronização do projeto de peças, diminuição dos custos de fabricação, transporte e material em processo ou estoque, além do uso da implantação de *softwares* de auxílio à manufatura (MARTINS e LAUGENI, 2005). Também é uma metodologia que baseia o planejamento de leiaute exclusivamente pela organização da produção, criando células de manufatura.

O professor Dario acredita na efetividade dessas metodologias e diz que os projetos de leiautes industriais variam conforme os gestores e consultores, podendo ser feita de maneira mais intuitiva, analisando visualmente dados coletados e apresentados em diagramas ou fluxogramas. Ou, com menor frequência, a utilização de métodos como Classificação ABC, Método De-Para, citado também pela professora da UFSC, Diagramas de inter-relações e Matriz de Incidência, no caso da Tecnologia de Grupo.

Ainda de acordo com o professor Dario, com ainda menor frequência são utilizados *softwares* de simulação como ferramenta de apoio. Os exemplos citados foram Arena, ProModel, SIMAN/Cinema.

Nas ementas das disciplinas das Universidades Federais de Minas Gerais e do Paraná, assim como na lecionada pela Universidade Presbiteriana Mackenzie, em São Paulo, novamente são correlacionados o desenvolvimento de produtos e processos com o planejamento do leiaute. Slack, Chambers e Johston (2009) é a básica bibliografia para as disciplinas Projeto de instalações industriais e de serviço na UFPR e Projeto De Fábrica na Mackenzie.

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul utiliza como literatura básica o livro de Lee (1998), Projeto de Instalações e do Local de Trabalho. Na abordagem de Lee (1998), o planejamento de instalações é baseado no trabalho de Muther (1978), considerando válidos os conceitos do SLP. Porém essa abordagem utiliza exemplos mais novos, enfatizando a aquisição de dados e considera como mais importante o foco na produção. O Quadro 5 mostra em resumo as principais literaturas e métodos das disciplinas que abrangem o tema nos cursos.

Quadro 5 – Universidades Contatadas

UNIVERSIDADE	DISCIPLINA	BIBLIOGRAFIA
UFRJ	Planejamento das instalações	lida, Itiro e Pena Kelh. "Arranjo Físico", apostila da EE/UFRJ Moore, James Mendon. <i>Plant layout and design</i> . Prentice Hall, 1962.
USP	Projeto de fábrica	Müther, R. Planejamento do <i>Layout</i> : Sistema SLP. São Paulo, Edgard Blücher, 1978. Gurgel, F.A.C. Administração dos Fluxos de Materiais e Produtos. São Paulo, Atlas, 1996. SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON Administração da Produção. São Paulo, Atlas, 1996.
UFSC	Projeto de instalações	Apostila da prof. ^a Mirna (BORBA, 1998) Normas Regulamentadoras
UFMG	Projeto de arquitetura organizacional da produção	Não foi possível localizar as bibliografias.
UFPR	Projeto de instalações industriais e de serviço	SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. - Administração da Produção. 2002 HERAGU, S.S. <i>Facilities Design</i> . Boca Raton: CRC Press, 2008.
UFRGS	Projeto de fábrica e <i>layout</i>	LEE, Q. Projeto de Instalações e do Local de Trabalho. São Paulo: IMAM, 1. ed., 1998, 229 p.
UPM (Mackenzie)	Projeto De Fábrica	MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P. Administração da Produção. 2005 SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. 2009.

Fonte: Elaborado pelos autores

4.2 REVISÃO EMPÍRICA

De acordo com a metodologia estabelecida no capítulo anterior, este subitem busca atender o terceiro objetivo específico, isto é, investigar as metodologias efetivamente utilizadas pelas empresas para a elaboração e melhoria dos seus

leiautes indústrias. Com essa finalidade, foram contatadas empresas de consultoria na área. Os contatos foram feitos por meio eletrônico, o modelo de e-mail enviado para as empresas está no Apêndice A. Dentre as empresas escolhidas, a MAIS GEMBA respondeu nosso contato através de Marcos Ribeiro, diretor executivo. Agendou-se uma entrevista *online* para responder as perguntas levantadas previamente, e a mesma foi realizada através de uma plataforma de comunicação da empresa.

Marcos classificou 3 tipos de planejamento de leiaute. Planejamento de uma nova instalação, começando do zero. A ampliação de uma instalação já existente e por último, Reforma Geral de uma instalação.

A metodologia empregada no planejamento do leiaute depende do tipo de processo, da experiência do consultor/planejador/equipe, além da cultura da empresa. De modo geral, o planejamento deve ser feito de forma a visar uma maior qualidade na produção, pensando na manutenção dos equipamentos, criando proximidade entre as estações de trabalho e levando em consideração a experiência do operador para mudanças voltadas a melhoria, além da ergonomia do trabalhador.

Os equipamentos devem estar próximos com objetivo de ter uma manufatura enxuta. Porém, deve-se conhecer a área gravitacional das máquinas, ou seja, a área livre necessária próxima à máquina para operação, abastecimento e manutenção da mesma. Assim, é possível realizar a correta manutenção das mesmas sem que cause prejuízos de movimentação de outros equipamentos ou perda de tempo por dificuldade de operação.

Marcos citou termos como *kanban*, TPM, *just in time*, ilhas de manufaturas, células em “U”, tempo de setup e mapeamento de fluxo de valor como conceitos utilizados na elaboração do planejamento do leiaute, que visam à organização da produção.

O planejamento de leiaute é realizado com auxílio de profissionais de diversas áreas das empresas. As principais áreas a serem ouvidas, de acordo com Marcos, são: Qualidade, Programação de Processo, Fornecedores, Saúde e Segurança do Trabalho, Financeiro e Logística.

Para realizar análise de resultados, são considerados dados como área ocupada, para o planejamento de uma nova empresa. Redução da área ocupada para reforma. Também são conferidos os dados de produtividade e qualidade, além da quantidade de estoque em processo.

Em algumas empresas podem ser planejados espaços pilotos para testar as mudanças, verificando as estatísticas de produção e qualidade a fim de comparar com os resultados médios da empresa.

Os *softwares* utilizados são auxiliares de desenho computacionais, que tem como objetivo auxiliar o desenho da planta. Porém, para ter agilidade no levantamento de algumas possíveis soluções, Marcos disse que se pode utilizar a planta em papel impresso e desenho das máquinas e equipamentos recortados em escala para procurar alguns possíveis posicionamentos prévios, que serão analisados como soluções.

5 CONCLUSÕES

Neste capítulo se faz uma síntese dos resultados obtidos a luz dos objetivos pretendidos.

De forma sintética pode-se dizer que o primeiro objetivo, que consistia em revisar os conceitos básicos sobre leiaute para dar suporte conceitual ao estudo deste TCC foi atingido com o capítulo 2. Os objetivos seguintes, buscavam identificar as metodologias que vêm sendo lecionadas no meio acadêmico e as metodologias mais empregadas em artigos e estudos de caso sobre o tema, e finalmente identificar o que efetivamente vem sendo utilizado no meio empresarial.

Pode-se afirmar que esses objetivos também foram alcançados e compilados no capítulo 4. Ainda fica pendente a elaboração de um artigo sobre o tema abordado nesse TCC.

Nos próximos subitens se destacam alguns desses resultados, concretamente sobre os conceitos básicos presentes na literatura, as metodologias atuais de elaboração de leiaute, os *softwares* que auxiliam nessa elaboração e metodologias efetivamente empregadas nas empresas para tal finalidade. Ao final se faz uma comparação entre as metodologias levantadas, as dificuldades encontradas e sugestões para trabalhos futuros.

5.1 SOBRE O MEIO ACADÊMICO

Através do levantamento realizado neste trabalho sobre o cenário teórico do tema é notável a ênfase nos conceitos de gestão da produção para o planejamento de leiautes, sendo a obra de Slack, Chambers e Johston (2009) como a mais utilizada entre os cursos de elaboração de plantas e instalações. Os conceitos do SLP desenvolvidos por Muther (1978), e autores que se baseiam neste, também aparecem como bibliografia de referência nas disciplinas lecionadas. A utilização de apostilas desenvolvidas pelos próprios professores mostra que a experiência do responsável é necessária para o planejamento e que é complexo aplicar puramente os conceitos teóricos das metodologias, devido às particularidades de cada processo.

5.2 SOBRE ARTIGOS E ESTUDOS DE CASO

Quanto a análise qualitativa dos artigos encontrados na ABEPRO, pode-se concluir que como anteriormente previsto, o SLP ainda é a metodologia mais disseminada no meio acadêmico quando se diz respeito de artigos elaborados para congressos como os do ENEGEP. Realizado anualmente, pode ser citado como referência na área da engenharia de produção, pois conta com a participação de mais de 2000 estudantes dos cursos de graduação e pós-graduação em engenharia de produção e principalmente pesquisadores correlatos à área, portanto os artigos publicados no encontro são considerados relevantes para o presente trabalho, já que apresentam a realidade das pesquisas e aplicações acadêmicas no Brasil em relação ao tema.

O número de 28,88%, dentre os 62 trabalhos avaliados, não utilizarem nenhuma metodologia aplicada a elaboração de leiaute industrial é considerado alto, isso nos diz que o entendimento do funcionamento da fábrica está em quem a acompanha diariamente e conhece os gargalos do processo, conseqüentemente, a melhoria qualitativa do processo apenas com a observação do mesmo pode ser considerada uma alternativa, embora não apresente estudos mais aprofundados. Pode-se afirmar que o conhecimento do tipo de processo de produção da empresa já basta para se ter noção de como o leiaute deve ser, o trabalho de Santos *et al* (2014) diminui seu universo de opções de arranjos afirmando que implantará um leiaute necessariamente celular.

Dentre os trabalhos que apresentam aplicações de metodologias para o projeto de fábrica, como esperado, pode-se afirmar que o SLP é o mais utilizado, sendo aplicado em 40% dos trabalhos. Além disso, nesses trabalhos foram obtidos bons resultados na aplicação do SLP, como por exemplo, o trabalho de Sakuraba *et al*. (2013), onde é utilizada a metodologia para projeto de ambientes organizacionais não destinados a atividade produtiva em si, mas para o setor público de prestação de serviços, no caso, a Junta Comercial do Estado de Sergipe (JUCESE). Assim como o trabalho de Muther (1978), os trabalhos de Lee (1998) e TOMPKINS, WHITE e BOZER (2003) já haviam sido estudos anteriormente e apresentam características muito similares as do SLP.

5.3 UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES

Ainda sobre a análise quantitativa, verificado nas frentes de pesquisa acadêmica e empírica, pode-se afirmar que os *softwares* não estão muito presentes na elaboração de leiautes industriais, já que se encontram em apenas 18% dos artigos destinados a mudança de leiaute, e ainda assim sendo, na maioria deles, apenas um auxílio para o desenho de fábrica, o que ocorre também na indústria e é citado pelos profissionais dentro e fora das universidades. Estes resultados podem, por outro lado, indicar que esta é uma área com grande potencial para pesquisas.

5.4 APLICADO NAS EMPRESAS

A revisão empírica revelou, através da entrevista com um profissional da área, que o planejamento da instalação fabril é baseado nos conceitos modernos de gestão da produção, buscando aumento dos índices de produção e qualidade através da experiência do planejador e dos demais profissionais envolvidos com o processo. Esta frente de pesquisa evidencia novamente que as individualidades de cada processo dificultam a aplicação de metodologias teóricas generalistas.

5.5 COMPARATIVO

Feito o comparativo das pesquisas acadêmica e empírica, nota-se como semelhança a utilização de conceitos de organização da produção como principal influenciador do planejamento do leiaute. O livro do Slack, Chambers e Johston (2009), Administração da Produção, é ponto em comum das duas frentes. Porém existe uma defasagem da academia com relação à aplicação no mercado. A principal bibliografia é Planejamento do Leiaute: Sistema SLP, de Muther (1978), assim como autores posteriores que resumem o mesmo método. Esta metodologia não contempla filosofias mais atuais, como manufatura enxuta e demais conceitos criados nas grandes fábricas.

Observando a diferença entre o cenário teórico e o aplicado na indústria, pode-se sugerir a introdução e aprofundamento dos conceitos atuais de gestão da

produção para os cursos que abrangem o planejamento de fábricas, assim como experiências de estudos de casos e exemplos práticos, quando possível. Além disso, o desenvolvimento de softwares como principal ferramenta para o planejamento do leiaute é uma área que possivelmente tem grande potencial, uma vez que os encontrados nas frentes de pesquisa deste trabalho são apenas auxiliares de desenho, cálculo ou simulação de fluxo de valores, que facilitam a comparação entre soluções, necessitando posteriormente o desenvolvimento do leiaute.

Assim como nas disciplinas lecionadas nas universidades, as empresas também empregam conceitos da organização da produção como fator principal no planejamento do leiaute. Porém, tanto Marcos, da empresa Mais Gemba, como a professora Lucila da UFSC (Apêndice A), apontam a defasagem que existe entre o lecionado na universidade com o utilizado no mercado. Enquanto os cursos acadêmicos focam em bibliografias mais antigas como a de Muther (1978), as empresas utilizam conceitos mais modernos como Manufatura Enxuta, *Kaizen*, *Kanban*, TPM, entre outros.

Os artigos e estudos de caso seguem uma linha semelhante ao da academia, já que são feitos em sua maioria por profissionais envolvidos nesse meio, portanto utilizam às referências mais consagradas, fato é, que ambas as abordagens concordam que cada construção de leiaute industrial deve ser feita de forma específica para o tipo de processo e a finalidade da operação.

5.6 DIFICULDADES ENCONTRADAS

As maiores dificuldades encontradas durante a pesquisa foram em relação ao retorno dos profissionais envolvidos no meio, tanto no meio acadêmico quanto no meio corporativo. Nas pesquisas feitas no meio acadêmico, foram encontradas 6 universidades que possuem disciplinas relacionadas ao tema na ementa dos cursos de engenharia de produção ou mecânica, a partir dessas disciplinas foram localizados os professores responsáveis e enviado um e-mail com um pequeno questionário sobre o tema, desses, apenas 2 retornaram.

No meio corporativo, foram pesquisadas 10 empresas de consultoria relacionadas ao tema e realizado o mesmo procedimento de envio de e-mail, onde obtive-se apenas um retorno.

5.7 SUGESTÕES PARA OS PRÓXIMOS TRABALHOS

Observou-se que grande parte das publicações sobre o tema são estudos de caso para a elaboração ou otimização de uma organização. Para esses estudos, sugere-se o conhecimento amplo da empresa e finalidade da produção, somente com o conhecimento macro do funcionamento da atividade pode-se chegar a otimização em nível micro.

Uma sugestão para cursos de graduação seria priorizar a abordagem sobre os tipos de processos produtivos e seus correspondentes tipos de leiaute. A percepção dos autores desse trabalho foi sobre a importância primordial da análise da atividade da empresa como um todo e o papel central dos conceitos de manufatura enxuta como contribuições que devem estar agregadas às metodologias de elaboração de leiaute já consagradas.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, L. C. G. **Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional: arquitetura organizacional, benchmarking, empowerment, gestão pela qualidade total e reengenharia.** 4ª edição. São Paulo: Atlas, 2010.
- ARMOUR, G. C.; BUFFA, E. S. *A heuristic algorithm and simulation approach to relative location of facilities.* **Management Science**, 1963.
- AZEVEDO, I. B.; **O prazer da produção científica: diretrizes para a elaboração de trabalhos acadêmicos.** Piracicaba. Edição da UNIMEP, 1998.
- BORBA, M. D. **Arranjo Físico.** Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, 1998
- BITNER, M. J. *Servicescapes: the impact of physical surroundings on customers and employees.* **Journal of Marketing**, v. 56, n. 2, p. 57-71, 1992.
- CHRISTENSEN, L. M.; ESCORSIM, S.; STEPIEN, H.; BLEY, V. R. **O Arranjo Físico como Fator Influyente no Clima Organizacional dos Trabalhadores.** Congresso Nacional de Administração – Ponta Grossa, 2007
- DEISENROTH, M. P.; APPLE, J. M. *A computerized plant layout analysis and evaluation technique.* In: **Annual AIIE Conference.** 1972
- DEMO, P.; **Pesquisa e construção do conhecimento: metodologia científica no caminho de Habermas.** 7ª edição. Rio de Janeiro, 2012.
- _____; **Avaliação quantitativa.** 10ª edição. Campinas, 2010
- DROLET, J. R.; ABDULNOUR, G.; RHEAULT, M., **The Cellular Manufacturing Evolution.** **Computers & Industrial Engineering**, UK, outubro 1996. Vol 31, No. 1/2, pp. 139 – 142.
- LEE, R. C.; MOORE, J. M. *CORELAP-computerized relationship layout planning.* **Journal of Industrial Engineering**, 1967.
- LEE, Q.; **Projeto de Instalações e do Local de Trabalho.** 1ª Edição. São Paulo, 1998.
- LUNA, S. V.; **Planejamento de pesquisa, uma introdução.** PUC, São Paulo, 1997.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MARTINS, V. C.; COELHO, L. D. S.; CÂNDIDO, M. A. B.; PACHECO, R. F. **Otimização de layouts industriais com base em busca tabu**. PUC, Curitiba, 2003.

MIGUEL, P. A. C.; **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2012.

MOORE, J. M. **Plant layout and design**. Prentice Hall. New York, 1962.

MUTHER, R. **Planejamento sistemático de leiaute: SLP**. São Paulo. Edgard Blucher, 1978.

MUTHER, R; WHEELER, J.D. **Planejamento sistemático e simplificado de leiaute**. São Paulo. IMAM, 2000.

OLIVÉRIO, J. L. **Projeto de fábrica: produtos, processos e instalações industriais**. São Paulo: IBCL, 1985.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração de produção (Operações industriais e de serviços)**. Curitiba. UnicemP, 2007.

ROSA, G. P. **A reorganização do layout como estratégia de otimização da produção**. Caxias do Sul, 2014.

SANTOS, L. C.; GOHR, C. F.; LAITANO, J. C. A. **Planejamento sistemático de layout: Adaptação e aplicação em operações de serviços**. UTFPR, Ponta Grossa, 2012.

SANTOS, L. A.; LUZ, A. C. G.; HAMMES, J.; BIEDACHA, T. A.; GODOY, L. P.;
Implantação de Layout Celular em uma Empresa Start-up de Tecnologia. UFSM, Santa Maria, 2014.

SEEHOF, J. M.; EVANS, W. O. *Automated layout design program*. **Journal of Industrial Engineering**, 1967

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M.; **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4ª edição. UFSC, Florianópolis, 2005.

SAKURABA, C. S.; SILVA, Y. N. D.; SILVA, J. N. S.; ANDRADE, P. V. D.; **Análise e Estudo de Mudança de *Layout* em Setor Público**. Salvador. ENEGEP, 2013.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON R., **Administração da Produção**. 2ª edição. São Paulo. Editora Atlas, 2009.

TOMPKINS, J. A., WHITE, J. A., BOZER, Yavuz A. ***Facilities Planning***. 3ed. New York: John Wiley, 2003.

TOMPKINS, J. A.; REED JR, R. *An applied model for the facilities design problem*. ***The International Journal Of Production Research***, 1976.

VILLAR, A. M., NÓBREGA JUNIOR, C. L. **Planejamento das Instalações Industriais**. João Pessoa: Manufatura, 2004.

6 APÊNDICE A

Reservou-se a essa seção a apresentação dos modelos de e-mail enviados as universidades e empresas e as respectivas respostas.

6.1 MODELO DE E-MAIL PARA UNIVERSIDADES

Prezado Prof. (Nome do responsável)

Sou aluno do curso de engenharia mecânica da UTFPR e gostaria da sua ajuda se possível.

Estou realizando meu Trabalho de Conclusão de Curso cujo o tema é "Elaboração de Leiautes Industriais - Metodologias Utilizadas e Seus Ganhos", sob orientação do Prof.^o Paulo Reaes. Estamos levantando, nas principais universidades brasileiras, matérias relacionadas ao tema e as referências que estão sendo utilizadas atualmente no ensino do planejamento do ambiente organizacional.

Sobre a matéria XXXX , poderia me responder algumas perguntas?

- Quais são as bibliografias básicas para estudo sobre a elaboração de leiautes industriais?
- Quais as metodologias básicas de elaboração de leiautes industriais lecionadas?
- Você acredita na efetividade dessas metodologias?
- Com base na sua experiência, você acredita que a(s) metodologia(s) são realmente utilizadas no planejamento das organizações atualmente?

Desde já, agradeço e qualquer sugestão de linha de pesquisa sobre o tema será bem vinda.

Atenciosamente,

Fabio Henrique Kaczmarek Mattos
Guilherme Siqueira Baumgartner

6.2 RESPOSTAS

6.2.1 Universidade de São Paulo - USP

Curso: Engenharia de Produção

Disciplina: Projeto de Fábrica – PRO2420

O professor Dario Ikuo Miyake respondeu às questões sobre a disciplina no seguinte e-mail:

“Quais são as bibliografias básicas para estudo sobre a elaboração de leiautes industriais?”

- Muther, R. (1978) Planejamento do Leiaute: Sistema SLP, São Paulo, Edgard Blücher.
- Nigel, S.; Chambers, S.; Johnston, R. (2009) Cap. 7 Arranjo físico e fluxo. In: Administração da Produção, São Paulo, Atlas.
- Valle, C.E. (1975) Implantação de Indústrias, Rio de Janeiro, LTC Editora.
- Lee, Q. (1997) Facilities and workplace design: an illustrated guide, Engineering & Management Press, Norcross.
- Hill, T. (1993) Manufacturing strategy: the strategic management of the manufacturing function, Macmillan, 2nd ed, London.

Quais as metodologias básicas de elaboração de leiautes industriais lecionadas?

Sistema SLP

Métodos de agrupamento para Tecnologia de Grupo (TG)

Você acredita na efetividade dessas metodologias?

Sim

Com base na sua experiência, você acredita que a(s) metodologia(s) são realmente utilizadas no planejamento das organizações atualmente?

A forma de aplicação das metodologias de elaboração de projetos de layout industriais varia. Há gestores ou consultores que elaboram o projeto de leiaute de forma mais intuitiva analisando visualmente dados coletados e representados por meio de ferramentas mais básicas como Diagrama Espaguete ou Fluxograma. Mas também há, ainda que com menor frequência, gestores que utilizam um conjunto mais completo de ferramentas tais como Classificação ABC, Carta “De-Para”,

Diagrama de Intensidade de Fluxo, Mapa-fluxograma, Diagrama de Inter-relações Preferenciais e Matriz de Incidência (para TG e formação de células) entre outras.

Com frequência ainda menor, também há casos de utilização de softwares de simulação como ferramenta de apoio (ex. Arena, ProModel, SIMAN/Cinema) na elaboração de projetos de leiaute industriais.

=====

Prof. Dario Ikuo Miyake”

6.2.2 Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Curso: Engenharia de Produção Mecânica

Disciplina: Projeto de Instalações – EPS7025

As questões sobre a disciplina foram respondidas via e-mail pela professora Lucila:

“Olá Guilherme, fico feliz que esteja realizando essa pesquisa. Essa disciplina eu ministro em parceria com a Prof. Mirna de Borba, em cópia nesse e-mail. Vou responder algumas questões e peço que a Prof. Mirna complemente minhas respostas assim que puder.

- Quais são as bibliografias básicas para estudo sobre a elaboração de leiautes industriais?

Usamos na verdade uma apostila que foi desenvolvida pela Prof. Mirna. E usamos também as NRs (Normas Regulamentadoras).

- Quais as metodologias básicas de elaboração de leiautes industriais lecionadas?

Basicamente usamos alguns métodos como: De-Para, Noy, SLP, entre outros. Isso a Prof. Mirna pode responder com mais propriedade do que eu, inclusive.

- Você acredita na efetividade dessas metodologias?

Acho que são úteis, mas acho que a área carece de evolução.

- **Com base na sua experiência, você acredita que a(s) metodologia(s) são realmente utilizadas no planejamento das organizações atualmente?**

Sinceramente, gostaria que sim, pois como disse, acho que ainda são úteis! Mas acredito que na prática não são. Mas novamente a Prof. Mirna pode complementar.

Sucesso na sua pesquisa.

Um abraço

Lucila”

6.3 MODELO DE E-MAIL PARA EMPRESAS

Prezado,

Sou aluno do curso de engenharia mecânica da UTFPR e gostaria de sua ajuda se possível.

Estou realizando meu Trabalho de Conclusão de Curso cujo o tema é "Elaboração de Leiautes Industriais - Metodologias Utilizadas e Seus Ganhos", estou levantando em empresas de consultoria, quais são as metodologias efetivamente empregadas na elaboração/otimização de leiautes industriais.

Poderia me responder algumas breves perguntas?

Quais são os tipos de processos dos clientes/associados?

Quais são as metodologias empregadas para o planejamento do leiaute?

Quais procedimentos têm sido utilizados no estudo e desenvolvimento de planejamento de leiautes?

Como é feita a análise dos resultados de um planejamento de leiaute?

Desde já, agradeço e qualquer sugestão sobre o tema será bem vinda.

Atenciosamente,

Fabio Henrique Kaczmarek Mattos

Guilherme Siqueira Baumgartner