



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO BAIXO TOCANTINS
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

FREDSON TEIXEIRA BRITO

**O MÉTODO SLP ASSOCIADO AO ALGORITMO CNA PARA O
PLANEJAMENTO DE LEIAUTE: ESTUDO DE CASO APLICADO A
UMA MOVELARIA NA CIDADE DE DOM ELISEU - PA**

Abaetetuba - PA

2014

FREDSON TEIXEIRA BRITO

**O MÉTODO SLP ASSOCIADO AO ALGORITMO CNA PARA O
PLANEJAMENTO DE LEIAUTE: ESTUDO DE CASO APLICADO A
UMA MOVELARIA NA CIDADE DE DOM ELISEU - PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Pará, Campus Universitário do Baixo Tocantins, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Industrial, sob orientação do Prof. Me. Harlenn dos Santos Lopes.

Abaetetuba - PA

2014

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

B862m Brito, Fredson Teixeira.
O método SLP associado ao algoritmo CNA para o planejamento de leiaute: estudo de caso aplicado a uma movelaria na cidade de Dom Eliseu - PA / Fredson Teixeira Brito. — 2014.
71 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Me. Harlenn dos Santos Lopes
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Abaetetuba, Curso de Engenharia Industrial, Abaetetuba, 2014.

1. Leiaute. 2. Sistema SLP. 3. Algoritmo CNA. I. Título.

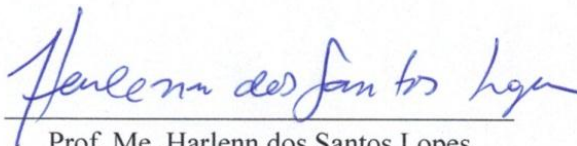
CDD 620

FREDSON TEIXEIRA BRITO

**O MÉTODO SLP ASSOCIADO AO ALGORITMO CNA PARA O
PLANEJAMENTO DE LAYOUT: ESTUDO DE CASO APLICADO A
UMA MOVELARIA NA CIDADE DE DOM ELISEU - PA**

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Industrial e aprovado pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pela Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Pará, Campus Universitário do Baixo Tocantins.

Abaetetuba, 18 de junho de 2014.



Prof. Me. Harlenn dos Santos Lopes

UFPA

Orientador



Prof. Dr. Adalberto da Cruz Lima

UFPA

Examinador



Prof. Dr. Bruno Rafael Dias de Lucena

UFPA

Examinador

AGRADECIMENTOS

Só tenho a agradecer a Deus por mais esta etapa concluída com sucesso em minha vida. Etapa que me projetará para novas conquistas, o futuro. Não poderia deixar de citar as pessoas e instituições que fizeram a diferença e se hoje estou aqui devo agradecer:

Aos meus pais, em especial a minha mãe Maria da Conceição Teixeira Brito por ter me dado apoio incondicional e apesar das dificuldades foi a minha maior sustentação para que eu chegasse aonde cheguei.

Aos meus colegas e amigos do curso de Engenharia Industrial.

Ao professor Mestre Harlenn dos Santos Lopes pela serenidade e dedicação durante o período de orientação deste trabalho.

À Universidade Federal do Pará pela oportunidade de me graduar e de fazer parte de sua história.

À Empresa que gentilmente se dispôs a me ajudar me dando informações e cedendo seu espaço para a elaboração deste trabalho.

RESUMO

A aplicação de ferramentas no estudo do processo produtivo em ambientes industriais de elevado nível de concorrência é algo que se torna cada vez mais relevante haja vista que melhorias na flexibilidade da produção são cada vez mais exigidas. A utilização de ferramentas de análise e ajustes de leiautes é uma das formas de buscar resultados competitivos positivos para as organizações. Este trabalho faz uma descrição teórica dos tipos de leiautes existentes, suas aplicabilidades, vantagens e desvantagens a fim de avaliar e propor ajustes no leiaute atual da empresa a ser estudada. O trabalho ainda enfatiza a aplicação de ferramentas de planejamento de leiaute. Para isso foi realizado um estudo de caso onde se objetivou a reestruturação do leiaute de uma empresa fabricante de móveis. O Algoritmo CNA (*Close Neighbour Algorithm*) foi empregado na análise um leiaute funcional existente a fim de convertê-lo em um arranjo celular, ao passo que o Planejamento Sistemático do Leiaute (SLP) foi decisivo como ferramenta de apoio no rearranjo das áreas de atividade e dos departamentos da empresa. Os resultados obtidos constataam a importância de uma abordagem pragmática na resolução de questionamentos que visam maximizar a eficiência e qualidade do processo produtivo e conseqüentemente o sucesso das organizações.

Palavras - Chave: Leiaute, Sistema SLP, Algoritmo CNA.

ABSTRACT

The application of tools in the study of the production process in industrial environments high level of competition is something that becomes increasingly relevant given that Improvements in manufacturing flexibility are increasingly demanded. The use of analysis tools and adjustments layouts is one of the ways to search results positive for competitive organizations. This work is a theoretical description of the types existing layouts, their applicability, advantages and disadvantages in order to evaluate and propose adjustments in the current layout of the company being studied. The paper also emphasizes the application of planning layout tools. For this we performed a case study where aimed at restructuring the layout of a furniture manufacturer company. Algorithm CNA (Close Neighbour Algorithm) was employed to analyze an existing functional layout to convert it into a cell array, while the Systematic Layout Planning (SLP) was decisive as a support tool in the rearrangement of the areas of activity and departments. The results note the importance of approach pragmatic in solving questions aimed at maximizing the efficiency and quality of production process and consequently the success of organizations.

Keywords: Layout, SLP System, Algorithm CNA.

CAPÍTULO 1

| | |
|---|-----------|
| INTRODUÇÃO..... | 09 |
| 1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS..... | 09 |
| 1.2. JUSTIFICATIVA DO TEMA..... | 10 |
| 1.3. MÉTODO DE PESQUISA..... | 10 |
| 1.4. OBJETIVOS..... | 11 |
| 1.4.1 Objetivo Geral..... | 11 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos..... | 11 |
| 1.5. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO..... | 12 |

CAPÍTULO 2

| | |
|---|-----------|
| FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 13 |
| 2.1. TIPOS DE LEIAUTE..... | 13 |
| 2.1.1. Modelos Tradicionais de Leiaute..... | 13 |
| 2.1.2. Leiaute Funcional (Processo)..... | 14 |
| 2.1.3. Leiaute por Produto (Linha)..... | 15 |
| 2.1.4. Leiaute Posicional..... | 16 |
| 2.1.5. Leiaute Celular ou de Grupo..... | 16 |
| 2.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS DE CADA TIPO DE LEIAUTE..... | 17 |
| 2.3. FERRAMENTAS DE ANÁLISE..... | 18 |
| 2.3.1. Curva ABC (Gráfico de Pareto)..... | 18 |
| 2.3.2. Diagrama de Fluxo de Processo..... | 20 |
| 2.3.3. Mapofluxograma..... | 21 |
| 2.4. DEFINIÇÃO DA FAMÍLIA DE PRODUTOS..... | 22 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5. ALGORITMO CNA (<i>Close Neighbour Algorithm</i>)..... | 23 |
| 2.5.1. Vantagens do Algoritmo CNA..... | 27 |
| 2.5.4. Eficiência de Agrupamento (GE)..... | 28 |
| 2.6. O SISTEMA SLP..... | 29 |
| 2.6.1. Fases do Sistema SLP..... | 29 |
| 2.6.2. Sistema SLP Simplificado..... | 31 |
| CAPÍTULO 3 | |
| ESTUDO DE CASO..... | 34 |
| 3.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA..... | 34 |
| 3.2. Definição de Produtos a Serem Analisados..... | 34 |
| 3.3. CLASSIFICAÇÃO ABC..... | 34 |
| 3.4. DECOMPOSIÇÃO DOS PRODUTOS CLASSE A EM COMPONENTES..... | 35 |
| 3.5. ARRANJO FÍSICO ATUAL..... | 36 |
| 3.5.1. Movimentação Interna Atual..... | 36 |
| 3.5.2. Mapofluxograma do Processo Atual..... | 37 |
| 3.6. DEFINIÇÃO DAS CÉLULAS POR COMPONENTE..... | 38 |
| 3.6.1. Aplicação do Algoritmo CNA..... | 38 |
| 3.6.2. Matriz Inicial A de Incidências..... | 38 |
| 3.6.3. Matriz B (Máquina Versus Máquina)..... | 39 |
| 3.6.4. Tabela de Reordenação das Linhas da Matriz Inicial A..... | 40 |
| 3.6.5. Reorganização das colunas da Nova Matriz Intermediária..... | 40 |
| 3.7. APLICAÇÃO DO SLP SIMPLIFICADO..... | 42 |
| 3.7.1. Diagrama de Relações (Triângulo)..... | 42 |

| | |
|---|-----------|
| 3.7.2. Necessidade de Espaço e Características Físicas (Quadrado)..... | 42 |
| 3.7.2.1. Área útil dos equipamentos da área de usinagem..... | 43 |
| 3.7.3. Diagrama de Relações de Atividades (Estrela)..... | 43 |
| 3.7.4. Desenvolvimento de Alternativas de Leiaute (Círculo)..... | 44 |
| 3.7.5. Avaliação dos Arranjos Alternativos (Hexágono)..... | 44 |
| 3.7.6. Detalhamento o Plano do Leiaute Selecionado (Retângulo)..... | 46 |
| 3.8. Movimentação Interna do Leiaute Proposto..... | 47 |
| | |
| CAPÍTULO 4 | |
| | |
| SÍNTESE DOS RESULTADOS..... | 49 |
| | |
| 4.1. ANÁLISE DO ARRANJO FÍSICO GERAL..... | 49 |
| | |
| 4.2. ANÁLISE DO ARRANJO FÍSICO NA ÁREA DE USINAGEM..... | 49 |
| | |
| 4.2.1. Limitações a Serem Consideradas..... | 50 |
| | |
| CAPÍTULO 5 | |
| | |
| CONCLUSÃO..... | 51 |
| | |
| 5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 51 |
| | |
| 5.2. RECOMENDAÇÕES AOS TRABALHOS FUTUROS..... | 51 |
| | |
| REFERÊNCIAS..... | 53 |
| | |
| APÊNDICES..... | 55 |
| | |
| ANEXOS..... | 58 |

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A principal preocupação do arranjo físico de uma operação produtiva está voltada para a localização física dos recursos transformadores, através do posicionamento físico ótimo destes. A tarefa de definir arranjo físico está na decisão de posicionar todos os recursos de transformação de forma coerente. (SLACK, 2006).

Segundo Marques (2012), após a decisão de escolha do local de instalação da planta fabril, deve-se desenvolver o planejamento do arranjo físico onde é feita a alocação de pessoas, máquinas, materiais e estações de trabalho dentro de uma instalação fabril que é projetada para produzir de maneira rápida e precisa, bens que atendam as necessidades do cliente.

Marques (2012), afirma que é necessário considerar os seguintes aspectos no momento de se planejar um arranjo físico:

- Especificações gerais como: espaços necessários; distancias a serem cobertas e circulação de materiais;
- Estimativa de demanda de cada produto no sistema;
- Requisitos de processo, quantidade de operações, fluxos entre os vários componentes;
- Necessidade de espaços para a operação dos equipamentos e tarefas;
- Disponibilidade de espaço para novas ou possíveis configurações;

Ainda de acordo com Marques (2012), para se elaborar um projeto de arranjo físico deve considerar os aspectos quantitativos em primeiro lugar, porém não desprezando os aspectos qualitativos, ressaltando a necessidade de se prever fluxo de pessoas e materiais.

Já para Muther (1978), o tempo despendido no desenvolvimento do planejamento do arranjo físico antes da sua execução reduzirá ao máximo as perdas e permitirá que todas as modificações propostas se integrem de modo que permitam uma sequência lógica para as mudanças, além de facilitar estas mudanças.

Para Rebellato (2004):

Um arranjo físico errôneo pode conduzir a padrões de fluxo excessivamente longos ou confusos, grande estoque de materiais, filas e inconveniência para clientes, operações inflexíveis, altos custos, desperdícios com movimentação de materiais e pessoas etc.

Muther (1978) ressalta que um aspecto que não deve ser desprezado é o custo gerado ao se implantar um arranjo físico. Segundo Muther (1978) o custo de implantação de um arranjo físico é praticamente o mesmo, seja para projetos bons ou ruins. Porém, a partir do instante em que se implanta um arranjo ruim, torna-se quase impossível reverter a um bom arranjo, pois os custos gerados com novos investimentos e paradas na produção são extremamente elevados.

1.2. JUSTIFICATIVA DO TEMA

Para o desenvolvimento deste trabalho, buscou-se trabalhar com um objeto de estudo que oferecesse um ambiente propício para o desenvolvimento de um estudo aprofundado de arranjo físico onde há aplicabilidade da maioria das ferramentas de gestão da produção. O objeto a ser estudado é uma empresa industrial que possui um processo produtivo desordenado, sem coerência no arranjo dos equipamentos na área produtiva e das áreas de atividade. Deste modo, percebeu-se a oportunidade de fazer um estudo de arranjo físico, também conhecido como estudo de leiaute, a fim de propor melhorias que trarão, em consequência, vantagens competitivas para a empresa, tais como, redução da movimentação interna de materiais e das distâncias percorridas entre departamentos e operações.

Há diversas maneiras de se alocar os recursos físicos no chão de fábrica. Cada forma trás consigo vantagens e limitações. No próximo capítulo serão apresentados os modelos mais comuns de *layout* e serão apresentadas as vantagens e desvantagens de cada modelo.

1.3. MÉTODO DE PESQUISA

Segundo a reflexão dos autores: Gil (2006); Marconi e Lakatos (1999); Andrade (2002) e Oliveira (2001), por sua natureza, este trabalho é classificado como pesquisa aplicada, tendo em vista que seu conteúdo teórico é explorado e direcionado à solução de problemas práticos.

Em função da profundidade da investigação e abordagem, este trabalho se caracteriza como estudo de caso, pois, de acordo com Gil (2006), sua realização consiste em um estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento.

Segundo Gil (2006), em termos de coleta de dados, o estudo de caso é um dos mais completos de todos os delineamentos de pesquisa. A aplicação da metodologia tem sido segundo Yin (2005) a estratégia preferida quando se trata de busca de respostas às questões do tipo “como” e “por que”, e quando o pesquisador possui pouco controle sobre os acontecimentos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real.

1.3.1. ETAPAS DA PESQUISA

1.3.1.1. Procedimentos de Coleta de Dados

Os procedimentos utilizados para a elaboração deste trabalho são pesquisa bibliográfica e aplicação de metodologia proposta em um caso prático. A estruturação teórica do trabalho provém de material já publicado, constituindo a pesquisa bibliográfica.

1.3.1.2. Procedimentos de Análise dos Dados

Após a conclusão do processo de coleta de dados se iniciará a fase de análise das informações em questão, possibilitando desta forma, uma resposta mais precisa ao problema desta pesquisa.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo Geral

- Propor com base no método SLP, associado ao Algoritmo CNA, uma alternativa de arranjo físico.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Projetar o rearranjo de equipamentos de acordo com as similaridades dos processos.
- Projetar o reajuste de áreas mais adequadas para cada atividade desempenhada na fábrica.

- Discutir a redução das distancias percorridas e dos cruzamentos entre operações proporcionadas pelo Leiaute proposto em relação ao atual.

1.5. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O primeiro capítulo consiste na introdução do trabalho onde será feita uma abordagem geral sobre arranjo físico. Será apresentada a justificativa do tema escolhido, a metodologia da pesquisa e os objetivos da pesquisa.

O segundo capítulo apresentará a fundamentação teórica. Este capítulo fará uma abordagem teórica e devidamente referenciada sobre os tipos de leiaute existentes e as ferramentas que serão empregadas no estudo de caso, tais como fluxogramas, gráfico de Pareto, algoritmo CNA (*Close Neighbour Algorithm*) e o Planejamento Sistemático do Leiaute (SLP).

No terceiro capítulo será feito o estudo de caso, onde haverá a apresentação do objeto de estudo e a análise deste, através das ferramentas mencionadas no segundo capítulo.

O quarto capítulo trará a síntese dos resultados onde apresentará os ganhos obtidos na execução do estudo de caso e as considerações sobre algumas limitações das ferramentas empregadas.

O quinto capítulo trará a conclusão do trabalho onde serão feitas as considerações finais e as recomendações aos trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. TIPOS DE LEIAUTE

2.1.1. Modelos Tradicionais de Leiaute

Embora Gaither e Frazier (2001) afirmem que são cinco os tipos básicos de leiautes para instalações de manufatura (processo, produto, manufatura celular, posição fixa e misto), Slack (2006) consolida em quatro, os tipos básicos de leiautes. Esta consolidação se dá pelo fato de serem estes os mais comuns e encontrados na maioria dos processos de manufatura, estes leiautes são:

- Arranjo Físico posicional;
- Arranjo Físico por Processo;
- Arranjo Físico Celular;
- Arranjo Físico por Produto.

Na figura 01, o modelo proposto por Slack (2006) mostra um gráfico em que os tipos de leiaute são distribuídos em função de diversos níveis de volume e variedade de produtos ou serviços.

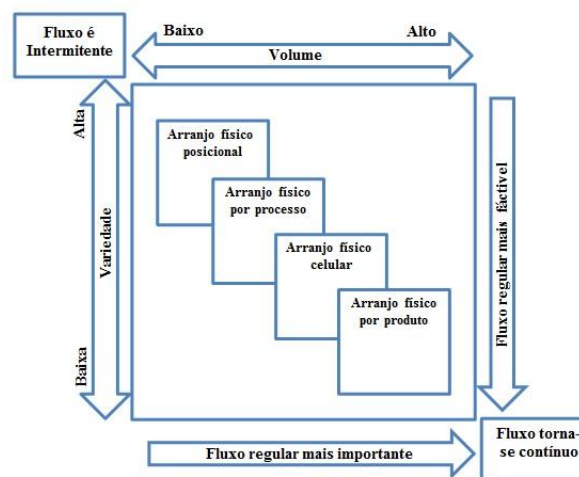


Figura 01 – Tipos de leiaute em função de volume e variedade de produtos ou serviços

Fonte:Slack (2006).

Segundo Slack (2006), a decisão de qual tipo de arranjo físico adotar raramente permite uma escolha entre os quatro tipos básicos. Em geral, estas opções são reduzidas a apenas um ou dois tipos de leiautes, pois as características de volume e variedade de uma operação irão reduzir esta escolha. Ainda assim, cada tipo de arranjo físico sobrepõe-se em faixas de volumes e variedades, demonstrando que essas interseções são transições entre cada tipo de leiaute. Logo, o total entendimento das vantagens e desvantagens de cada um é peça fundamental para a escolha do leiaute mais adequado para determinado processo.

2.1.2. Leiaute Funcional (Processo)

Segundo Slack (2006), arranjo físico por processo é assim chamado porque as necessidades e conveniências dos recursos transformadores que constituem o processo tem maior peso na escolha do arranjo físico. Neste tipo de arranjo físico, processos similares são agrupados juntos um do outro, podendo ser conveniente para operação ou até mesmo beneficiar a utilização dos recursos de transformação. Isso significa, que quando clientes, produtos ou informações fluírem através de toda operação eles conseguirão acompanhar processo por processo de forma mais cômoda, de acordo com suas necessidades. (Slack, 2006).

Segundo Black (1998) o leiaute funcional é caracterizado por possuir uma vasta variedade de componentes e máquinas de uso geral. As máquinas são agrupadas de acordo com sua função e as peças são transportadas pela fábrica para os locais onde fica o agrupamento de máquinas. A figura 02 apresenta um exemplo de leiaute funcional.

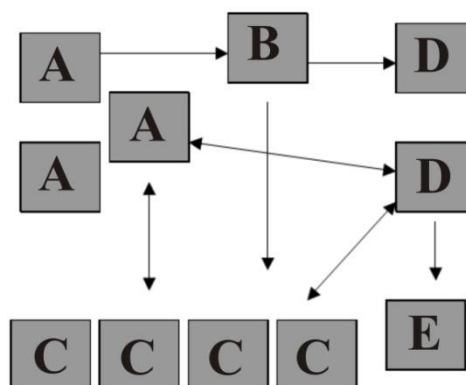


Figura 02 – Exemplo de leiaute por processo

Fonte: Adaptado de Trein (2011)

Segundo Corrêa e Corrêa (2006), no leiaute funcional a eficiência do processo produtivo é prejudicada, pois apesar de haver benefício na flexibilidade dos fluxos, as distâncias percorridas entres os processos e *lead-times*¹ tornam-se longas, configurando assim um importante *trade-off*² para o modelo.

2.1.3. Leiaute por Produto (Linha)

Para Silva (2009), o arranjo físico por produto também é conhecido como linha de produção ou linha de montagem. Neste tipo de arranjo, os materiais a serem beneficiados passam por um fluxo unidirecional de operações. O arranjo físico por produto procura alinhar todos os recursos transformadores em uma sequencia que melhor atenda os requisitos do recurso transformado.

Segundo Slack (2006), no arranjo físico por produto, o fluxo de informações, produtos ou clientes seguem um roteiro predefinido no qual cada atividade executada segue a mesma sequência em que os processos foram dispostos dentro unidade produtiva.

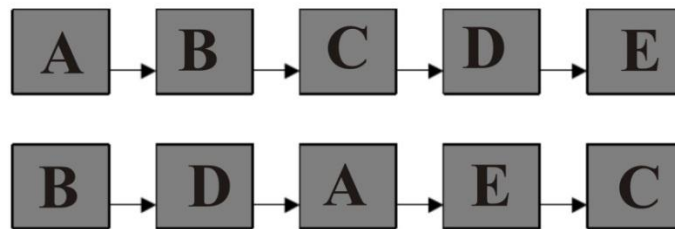


Figura 03 – Exemplo de Leiaute em linha

Fonte: Adaptado de Trein (2011)

Este tipo de arranjo físico baseia-se em processamento sequencial de peças na forma de linha, conforme Figura 03. Segundo Krajewski e Ritzman (1999), os materiais fluem diretamente de uma estação de trabalho para outra vizinha, aumentando desta forma, o volume de produção. O Leiaute por produto também apresenta os formatos em “L”, “O”, “S” e “U”.

¹ É o tempo entre o pedido e a entrega real do material no estoque. Tempo necessário para repor produto no estoque.

² É uma expressão em inglês que significa o ato de escolher uma coisa em detrimento de outra.

2.1.4. Leiaute Posicional

Segundo Slack (2006) o leiaute posicional contradiz conceitualmente todos os demais tipos de leiaute, pois neste os recursos transformadores são levados até as estações de trabalho onde será feita a construção do produto final.

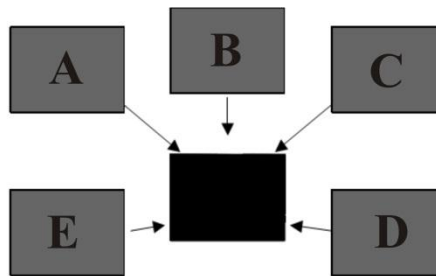


Figura 04 – Exemplo de leiaute fixo

Fonte: Adaptado de Trein (2011)

No arranjo físico posicional, ilustrado na Figura 04, o bem a ser produzido permanece estático enquanto equipamentos e pessoas movimentam-se em seu entorno executando as operações necessárias para a finalização do produto ou serviço. (Olivério, 1985).

De acordo com Slack (2006) e Olivério (1985), a razão para utilização deste tipo de arranjo, pode ser pelo fato de que o produto ou o sujeito de serviços possuam dimensões que impossibilitem sua locomoção até as estações de trabalho, por se encontrar em um estado de extrema delicadeza ou até mesmo pela recusa de se locomover.

Slack (2006) cita exemplos como:

- Construção de rodovia: Produto muito grande para ser movido;
- Cirurgia Cardíaca: Paciente se encontra num estado muito delicado para serem movido;
- Restaurante de alta classe: Onde os clientes se opõem a se locomover até onde a comida é preparada;
- Computador de grande porte: Produto muito grande e delicado para se locomover e o cliente pode se recusar a leva-lo até a manutenção.

2.1.5. Leiaute Celular ou de Grupo

Segundo e Slack (2006), No arranjo físico celular, ilustrado na Figura 05, os produtos a serem processados são pré-selecionados e em seguida são encaminhados para uma célula de manufatura, onde todos os recursos transformadores (equipamentos, operadores e matéria-prima) se encontram dedicados a esse produto.

Para Heizer e Render (2001), a razão de se trabalhar com célula de manufatura está na ideia de agrupar pessoas e máquinas que estão espalhadas pelos setores de processamento da produção e aloca-las em pequenos grupos para que possam efetuar processamento de grupos ou famílias de produtos ou peças semelhantes.

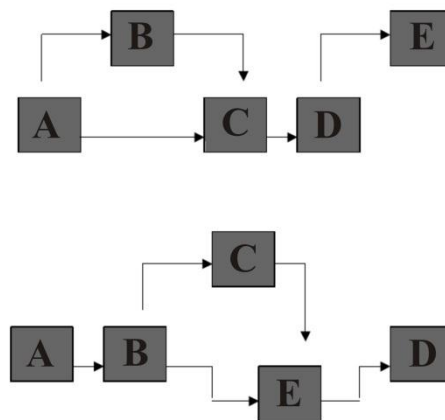


Figura 05 – Exemplo de leiaute celular

Fonte: Adaptado de Trein (2011)

2.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS DE CADA TIPO DE LEIAUTE

Segundo Tompkins et al (2013) os tipos tradicionais de arranjo físico apresentam vantagens e desvantagens, que serão apresentadas a seguir no Quadro 01.

Quadro 01 – Comparativo entre os tipos de leiautes

| TIPOS DE LEIAUTE | VANTAGENS | DESVANTAGENS |
|-----------------------------|--|---|
| Leiaute Posicional | <ol style="list-style-type: none"> 1. Reduzida movimentação de material 2. Trabalhador conhece o trabalho como um todo, o que resulta em maior qualidade e responsabilidade pelo produto 3. Alta flexibilidade pode acomodar mudanças no | <ol style="list-style-type: none"> 1. Maior movimentação de mão-de-obra e equipamentos 2. Pode resultar em duplicação de equipamentos. 3. Requer maior habilidade da mão-de-obra. 4. Pode resultar em aumento de espaço e maior estoque em processo. 5. Programação da produção mais complexa. |
| Leiaute por Produto | <ol style="list-style-type: none"> 1. Fluxo suave, simples e direto. 2. Baixo estoque em processo. 3. Menor tempo de produção unitário. 4. Controle de produção simples. 5. Menor movimentação de material 6. Requer menor habilidade do pessoal. 7. Podem ser usados equipamentos especializados. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Parada de máquina causa parada da linha. 2. Mudança no projeto do produto causa obsolescência no arranjo físico. 3. Trabalho pode ser repetitivo. 4. Alto investimento em equipamentos. 5. Requer supervisão geral. |
| Leiaute Celular | <ol style="list-style-type: none"> 1. Maior utilização da máquina que o arranjo por processo devido à formação de famílias de peças. 3. Fluxo mais suave e menor distância percorrida que o arranjo físico por processo. 4. Permite uso de equipamentos de propósito geral 5. Trabalhador pode operar mais de uma máquina. 6. Trabalho em equipe com aumento da comunicação e enriquecimento do trabalho. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Requer supervisão geral. 2. Requer maior capacitação da mão-de-obra. 3. Exige balanceamento do fluxo entre as células e dentro delas. 4. Menor oportunidade de uso de equipamentos especializados. 5. Pode necessitar de duplicação de equipamentos. |
| Leiaute por Processo | <ol style="list-style-type: none"> 1. Permite uso de equipamentos de propósito geral. 2. Alta flexibilidade na alocação do mix de produtos, pessoal e equipamentos. 3. Pouca duplicação de máquinas. 4. Supervisão relativamente fácil. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Maior movimentação de material. 2. Controle da produção complexo. 3. Aumento de estoque em processo. 4. Requer maior capacitação do pessoal devido à diversidade de tarefas. 5. Baixa utilização de recursos. |

Fonte: Adaptado de Tompkins (2013)

2.3. FERRAMENTAS DE ANÁLISE

2.3.1. Curva ABC (Gráfico de Pareto)

O Gráfico de Pareto, representado na Figura 06, foi inicialmente desenvolvido pelo engenheiro e economista italiano Vilfredo Pareto. Ao examinar a distribuição de riqueza de seu país, buscou demonstrar tal estatística graficamente. Foi então que percebeu que ele percebeu que 20% da população detinham mais de 80% da riqueza. Foi então que ele percebeu que poderia ser expressa através de uma curva cumulativa que ficou conhecida como Lei de Pareto. (Vergueiro, 2002).

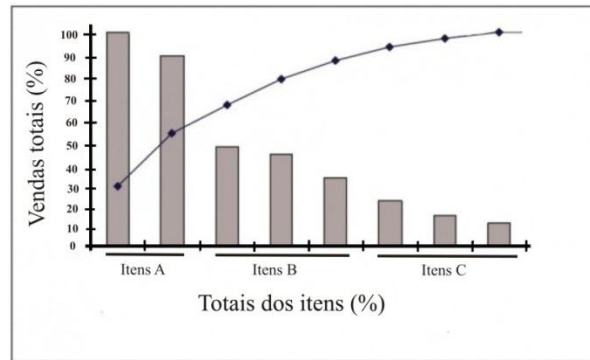


Figura 06 – Gráfico de Pareto

Fonte: Adaptado de Trein (2011)

Segundo Vergueiro (2002), quando as razões mais importantes para o aparecimento de problemas são identificadas, pode-se estabelecer uma escala de prioridades para a resolução. Isso irá depender das condições específicas de cada instituição ou serviço.

Segundo Campus (2010), a classificação ABC se trata da divisão de itens em três grupos de acordo com o valor de demanda anual, quando se tratam de produtos acabados, ou valor de consumo anual quando estes itens se tratarem de produtos em processo ou matérias-primas e insumos. O valor de consumo anual ou valor de demanda anual pode ser determinado com o produto do preço ou custo unitário de cada item pelo seu consumo ou sua demanda anual.

A partir de então surgiram grupos divididos em três classes, conforme segue:

- Classe A: Itens de alto valor de demanda ou consumo anual.
- Classe B: Itens de valor de demanda ou consumo anual intermediário.
- Classe C: Itens de baixo valor de demanda ou consumo anual.

Segundo César (2011), em qualquer situação no ambiente produtivo, aproximadamente de 20% dos problemas causam 80% de impacto nos resultados da empresa. Dito isso, torna-se mais importante concentrar os esforços no ataque destes 20% de problemas vitais, que, no entanto são responsáveis por grandes perdas para a empresa. Na Figura 07 abaixo está representada a relação entre problemas e impactos causados por estes.

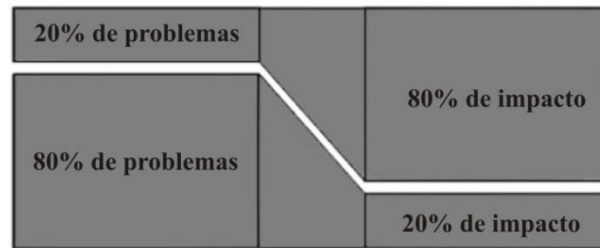


Figura 07 – Relação entre problemas e impacto

Fonte: Adaptado de César (2011)

2.3.2. Diagrama de Fluxo de Processo

Segundo Másculo (2011), a ferramenta mais utilizada na confecção de gráficos de fluxo de processo são os símbolos ASME (*American Society of Mechanical Engineering*). São cinco símbolos com formas geométricas, sendo possível fazer a combinação destes símbolos, conforme a Figura 08.

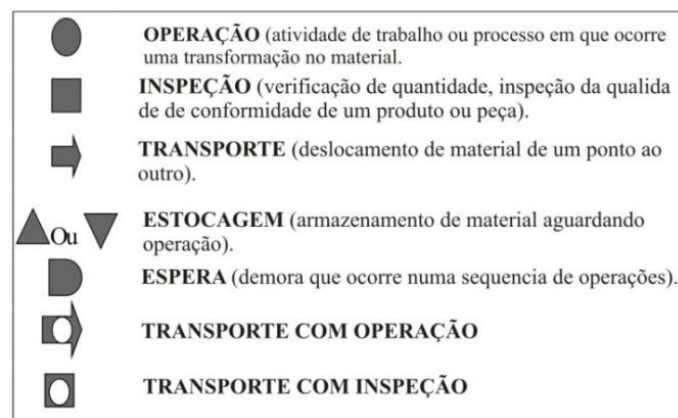


Figura 08 – Simbologia ASME

Fonte: Adaptado de Másculo (2011)

O diagrama de fluxo de processo é uma técnica que permite a representação de etapas do processo de forma compacta, através de um gráfico, permitindo desta forma um melhor entendimento deste, facilitando no processo de melhoria. No gráfico é feito o registro dos diversos passos ou eventos executados durante uma operação ou uma sequência de operações. (Barnes, 1977)

O estudo detalhado desse diagrama é capaz mostrar que é possível propor melhorias do processo estudado, pois comumente existem etapas desnecessárias ao processo produtivo, podendo ser eliminadas. Também é possível combinar operações, planejar um melhor trajeto

para que as peças sigam, entre outras melhorias que tem como finalidade a produção de produtos com melhor qualidade a um menor custo. (Barnes, 1977). A Figura 09 mostra um exemplo de diagrama de fluxo de processo.

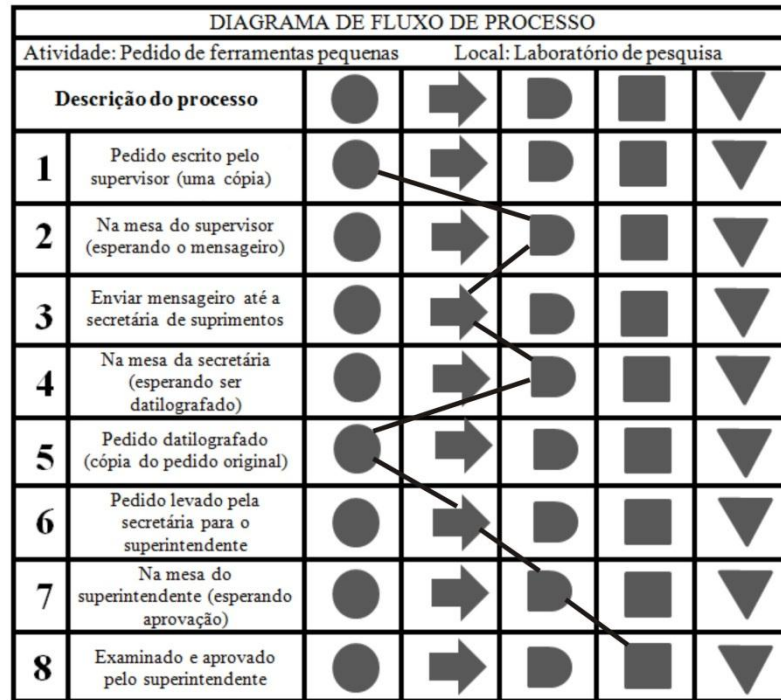


Figura 09 – Diagrama de fluxo de processo

Fonte: adaptado de Barnes (1977)

2.3.3. Mapofluxograma

Segundo Másculo (2011) o mapofluxograma é uma ferramenta gráfica de análise de processo mais completa que os fluxogramas, pois ele integra a planta produtiva às máquinas e postos de trabalho, definindo a posição relativa entre estes. Para Másculo (2011) o mapofluxograma deve ser elaborado da seguinte forma:

- 1) Desenhar o leiaute da unidade em estudo
- 2) Identificar no leiaute o local onde ocorrem as operações
- 3) Traçar sobre o leiaute os trajetos seguidos pelas matérias-primas, peças ou produtos conforme a Figura 10.

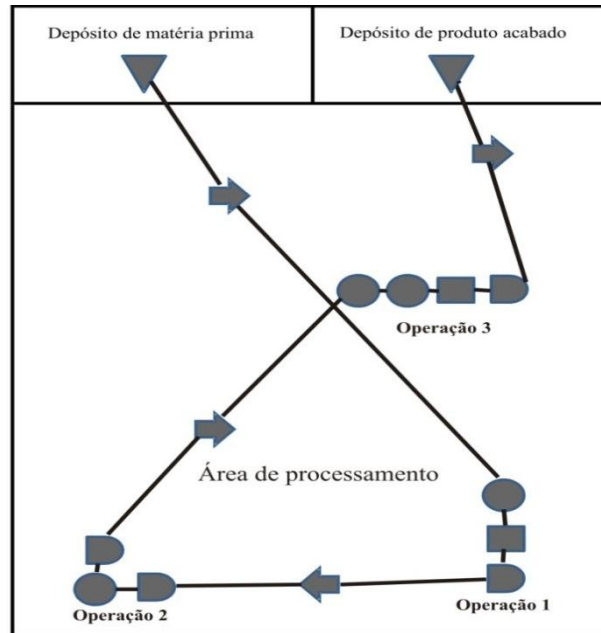


Figura 10 – Exemplo de mapofluxograma

Fonte: Adaptado de Másculo (2011)

2.4. DEFINIÇÃO DA FAMÍLIA DE PRODUTOS

Uma família, segundo Rother e Shook (2003), é um grupo de produtos que possuem etapas de processamento semelhantes e utilizam equipamentos comuns entre si.

Segundo Silva (2009), Para definição das famílias pode-se utilizar alguns critérios a seguir:

- ✓ Similaridade de processos: trata-se do principal critério, e se aplica a produtos que geralmente compartilham uma mesma linha de produção.
- ✓ Frequência e volume da demanda: esse critério pode ser decisivo para a inserção ou retirada do produto de uma mesma família.
- ✓ Tempo de ciclo do produto: representa o tempo que o produto leva para ser processado, desde o pedido até a entrega ao cliente.

A Tabela 01 abaixo apresenta um exemplo de matriz produto versus processo.

Tabela 01 – Selecionando uma família de produtos

| | | Etapas de Montagem e equipamentos | | | | | | | |
|----------|---|-----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| PRODUTOS | A | X | X | X | | X | X | | |
| | B | X | X | X | X | X | X | | |
| | C | X | X | X | | X | X | X | |
| | D | | X | X | X | | | X | X |
| | E | | X | X | X | | | X | X |
| | F | X | | X | | X | X | X | |
| | G | X | | X | | X | X | X | |

Uma família de produtos

Fonte: Adaptado Routher e Shook (2003)

2.5. ALGORITMO CNA (*Close Neighbour Algorithm*)

O método CNA, desenvolvido por Boe e Cheng (1991), é um algoritmo dos métodos de arranjos de matrizes, de simples implementação, é possível convergir ao resultado em apenas uma iteração.

O desenvolvimento do Algoritmo CNA, descrito por Dalmas (2004), possui dois estágios que são: estágio um (Ordenamento das linhas) e estágio dois (Ordenamento das colunas) que serão descritos a seguir:

a) ESTÁGIO 1 (ORDENAMENTO DAS LINHAS)

- ✓ **Passo 1:** Cria-se uma matriz inicial A em que nas suas linhas são listadas as máquinas (ou trabalhadores) do processo produtivo em questão e nas colunas são listados os produtos (ou componentes).
- ✓ **Passo 2:** Toda vez que um produto se utilizar de uma máquina para ser processado assinala-se com “1” no cruzamento correspondente. Quando o produto não necessitar de uma máquina assinala-se com “0”. Somente fluxos primários são indicados na matriz. A Tabela 02 traz um exemplo de matriz de incidências para o caso de 8 máquinas e 20 produtos.

Tabela 02 – Exemplo de matriz de incidência (A)

| Maquinas/Peças | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | | 1 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | 1 | |
| 2 | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | | | | 1 | | | | 1 | | 1 |
| 3 | | 1 | | | | | | 1 | 1 | | 1 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | 1 | |
| 4 | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | 1 | | 1 |
| 5 | 1 | | | | 1 | 1 | | | | 1 | | 1 | | | 1 | | 1 | | | |
| 6 | 1 | | | | 1 | | | | 1 | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | 1 |
| 7 | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | | | | | 1 | | 1 |
| 8 | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 1 | | 1 |

Fonte: Adaptado de Dalmas (2004)

- ✓ **Passo 3:** Uma matriz B (máquina x máquina) é construída, nesta matriz é feita a comparação de duas máquinas por vez onde é assinalado o número de produtos compartilhados por elas. O elemento b_{ij} na matriz indica quantos produtos necessitam das máquinas i e j para o seu processamento. A última coluna da matriz, designada por S_i , traz o somatório dos números das linhas (idêntico ao somatório dos números nas colunas). A Tabela 03 traz a matriz B obtida da matriz A do exemplo numérico.

Tabela 03 – Matriz (B) obtida a partir da Tabela 02

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | S_i |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| 1 | | 2 | 9 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 17 |
| 2 | 2 | | 1 | 6 | 1 | 1 | 6 | 6 | 23 |
| 3 | 9 | 1 | | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 13 |
| 4 | 1 | 6 | 0 | | 2 | 2 | 6 | 6 | 23 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 2 | | 5 | 2 | 1 | 13 |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 | | 2 | 1 | 13 |
| 7 | 2 | 6 | 1 | 6 | 2 | 2 | | 6 | 25 |
| 8 | 1 | 6 | 0 | 6 | 1 | 1 | 6 | | 21 |

Fonte: Adaptado de Dalmas (2004)

- ✓ **Passo 4:** Para definir a nova ordem das linhas na matriz A, analisa-se a matriz B, obedecendo aos seguintes critérios:

1ª Linha: Para ordenar a primeira linha deve-se selecionar a linha com o maior valor de S_i , em caso de empate escolhe-se a linha de maior índice i .

2ª Linha em diante: As linhas seguintes a serem reordenadas são determinadas pela utilização sequencial de três regras:

- i. Identifique o maior valor de b_{ij} na última linha trabalhada, o índice j (da coluna) indica a próxima linha a ser trabalhada; no caso de empate, use o próximo critério;
- ii. Escolha a linha com maior S_i dentre as empatadas; no caso de novo empate, use o próximo critério;
- iii. Escolha a linha com menor índice i dentre as empatadas. Reorganize as linhas da matriz inicial A , seguindo a ordem definida acima.

A Tabela 04 apresenta os resultados do estágio 1 aplicado ao exemplo numérico. Na última coluna, identifica-se o critério adotado para reordenação de cada linha.

Tabela 04 – Reordenação das linhas da matriz de incidência

| Índice de linhas | Máquinas possíveis | Máquina Selecionada | Razão |
|------------------|--------------------|---------------------|----------------------------------|
| v=1 | 7 | 7 | S7=máximo |
| v=2 | 2,4,8 | 2 | b27=B47=B87=máximos;S2=S4>S8;2<4 |
| v=3 | 4,8 | 4 | B42=B82=máximos;S4>S8 |
| v=4 | 8 | 8 | b84=máximo |
| v=5 | 1,5,6 | 1 | b18=b58=b68=máximos;S1>S5=S6 |
| v=6 | 3 | 3 | b31=máximo |
| v=7 | 5,6 | 5 | b53=b63=máximos;S5=S6;5<6 |
| v=8 | 6 | 6 | b65=máximo |

Fonte: Adaptado de Dalmas (2004)

A matriz A com linhas reordenadas é apresentada na Tabela 05. Essa matriz de resultados intermediários é designada por A' .

Tabela 05 – Reordenação das linhas da matriz de incidência (A')

| Maquinas/Peças | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | |
|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 7 | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | | | | | 1 | | 1 | |
| 2 | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | 1 |
| 4 | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| 8 | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| 1 | | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | | 1 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | 1 |
| 3 | | 1 | | | | | | 1 | 1 | | 1 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | 1 |
| 5 | 1 | | | | 1 | 1 | | | | 1 | | 1 | | | 1 | | 1 | | | | |
| 6 | 1 | | | | 1 | | | | 1 | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | | 1 |

Fonte: Adaptado de Dalmas (2004)

b) ESTÁGIO 2 (ORDENAMENTO DAS COLUNAS)

- ✓ **Passo 1:** Para definir a nova ordem das colunas da matriz A' , divide-se a matriz A' em duas metades, superior e inferior. Se o número de linhas da matriz for ímpar, deve-se fazer com que a metade superior fique com um número ímpar de linhas. Denomina-se a metade superior da matriz dividida de SEQ1 e a metade inferior de SEQ2.
- ✓ **Passo 2:** Analisam-se as colunas da matriz A' dividida, contando-se o número de “1s” em cada uma das metades (SEQ1 e SEQ2).
- ✓ **Passo 3:** Sempre que $SEQ1 > SEQ2$, assinala-se a coluna e reordena-se a numeração da primeira à última coluna assinalada. Colunas não assinaladas vão para a segunda fase do estágio 2.
- ✓ **Passo 4:** Divide-se a metade inferior (SEQ2) da matriz A' em duas metades, SEQ1 e SEQ2, novamente. Verificam-se as colunas que não foram reordenadas na fase 1 quanto à incidência de células assinaladas com “1”. Sempre que $SEQ1 > SEQ2$, assinala-se a coluna e reordena-se a numeração da primeira à última coluna assinalada.
- ✓ **Passo 5:** Colunas não assinaladas vão para a fase seguinte do estágio 2, e o procedimento é repetido até que todas as colunas sejam reordenadas ou a divisão da matriz não seja mais possível. Neste último caso, no caso de remanescerem colunas não assinaladas, estas devem ser ordenadas livremente, na sequência da última coluna assinalada.

A Tabela 06 traz o sumário de resultados do estágio 2, aplicado ao exemplo numérico. O índice V referido na tabela indica a linha inicial da análise. Três divisões da matriz A' foram necessárias para convergência do estágio 2.

Tabela 06 – Sumário dos resultados do estágio 2

| Fase 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----|---|---|---|----|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| V=1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| SEQ1 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 4 |
| SEQ2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 0 | 2 | 1 |
| SEQ1>SEQ2 | | | X | X | | X | X | | | | | | | | | | | X | X | |
| Coluna | | | 1 | 2 | | 3 | 4 | | | | | | | | | | | 5 | 6 | |
| Fase 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| V=5 | 1 | 2 | | | 5 | | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | | 19 | |
| SEQ1 | 0 | 2 | | | 0 | | | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | | 2 | |
| SEQ2 | 2 | 0 | | | 2 | | | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | | 0 | |
| SEQ1>SEQ2 | | X | | | | | | X | X | | X | | X | X | | X | X | | X | |
| Coluna | | 7 | | | | | | 8 | 9 | | 10 | | 11 | 12 | | 13 | 14 | | 15 | |
| V=5 | 1 | | | | 5 | | | | | 10 | | 12 | | | 15 | | | | | |
| SEQ1 | 1 | | | | 1 | | | | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | |
| SEQ2 | 1 | | | | 1 | | | | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | |
| SEQ1>SEQ2 | X | | | | X | | | | | X | | X | | | X | | | | | |
| Coluna | 16 | | | | 17 | | | | | 18 | | 19 | | | 20 | | | | | |

Fonte: Adaptado de Dalmas (2004)

Para a formação da matriz solução na Tabela 07, reordenam-se as colunas conforme a ordem de seleção determinada no estágio 2. As células resultantes são identificadas ao longo da diagonal principal, conforme destacam os números 1, 2 e 3. É importante observar que não deve ocorrer sobreposição de células. Incidências de 1s fora das células demarcadas denotam produtos que não poderiam ser produzidos integralmente em uma mesma célula.

Tabela 07 – Reorganização final da matriz de incidência com identificação de células resultantes

| Maquinas/Peças | 3 | 4 | 6 | 7 | 18 | 20 | 2 | 8 | 9 | 11 | 13 | 14 | 16 | 17 | 19 | 1 | 5 | 10 | 12 | 15 |
|----------------|---|---|---|---|----|----|-----|---|---|----|-----|----|----|----|----|---|---|----|-----|----|
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | (1) | | | | | 1 | | | | | | | | |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | (2) | | | | | | | 1 | | |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 3 | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | (3) | |
| 5 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6 | | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Fonte: Adaptado de Dalmas (2004)

2.5.1. Vantagens do Algoritmo CNA.

Boe e Cheng (1991) relatam algumas vantagens do CNA:

- ✓ O algoritmo sempre oferece como resultado uma matriz de solução com blocos na diagonal principal da matriz de incidências.
- ✓ O agrupamento de máquinas e peças é imediatamente evidente na solução.

- ✓ A presença de máquinas gargalos e elementos críticos não afetam a capacidade do algoritmo de oferecer uma solução.
- ✓ Diferentemente de outros algoritmos como Rank Order Clustering (ROC) e o Algoritmo de Agrupamento Direto (AAD), o CNA requer somente uma iteração para convergência.
- ✓ O CNA não requer do usuário a identificação de máquinas gargalos e elementos críticos.
- ✓ A duplicação de máquinas gargalos não é utilizada como uma estratégia para auxiliar o agrupamento proposto pelo algoritmo.
- ✓ Facilidade de implementação do algoritmo em planilha eletrônica.

2.5.4. Eficiência de Agrupamento (GE)

Devido ao aumento da variedade de métodos de agrupamento, torna-se necessário a utilização de parâmetros objetivos de avaliação dos resultados obtidos através da aplicação dos vários métodos em torno do mesmo problema, desta forma torna-se possível avaliar e definir qual das soluções apresentadas é a mais viável. (AMANTINO, 2005).

Segundo Amantino (2005), para se avaliar a qualidade de um determinado agrupamento, a partir dos resultados obtidos na matriz de incidência reordenada, deve-se considerar os seguintes fatores:

- O número de elementos extracelulares, ou seja, o número de incidências não pertencentes a nenhum dos agrupamentos de células, o que deve ser minimizado.
- O grau de similaridade observado entre os elementos alocados a uma mesma célula, o qual deve ser maximizado.

É comum que, após o agrupamento da matriz segundo a heurística proposta, sejam feitos ajustes manuais³ sobre esta. Intervenções como o deslocamento de um dado componente ou máquina de uma célula para outra, ou a eliminação ou inclusão de incidências dentro das células, quando há roteiros alternativos não considerados a princípio. Para cada

³ Ajustes feitos com o simples deslocamento de linhas ou colunas sem a utilização do método de agrupamento.

modificação feita, é possível recalcular o GE da matriz para verificar se o resultado desta modificação ‘forçada’ é melhor que o anterior. (AMANTINO, 2005).

Amantino (2005) apresenta em seu estudo o cálculo da eficiência do agrupamento, uma forma de medir a eficiência na formação de células. Esta mensuração é realizada por meio da quantificação de elementos fora das células resultantes, bem como dos espaços ociosos dentro das células. Quanto menor forem essas incidências, menor será a eficiência na formação de uma determinada célula. A equação abaixo mostra o método para o cálculo da eficiência.

A eficiência depende de dois fatores: a proporção de elementos extracelulares (Ex) e a proporção de espaços ocupados nas células (Es).

$$GE = \frac{[(1 - Ex) + Es]}{2}$$

Onde Ex é o número de incidências extra células dividido pelo número total de incidências e Es é o número de espaços ocupados dividido pelo número de espaços intracelulares.

Assim, na matriz da Tabela 07, o valor da eficiência do agrupamento é 92,62%.

$$Ex = \frac{9}{61} = 0,1475$$

$$Es = \frac{52}{52} = 1$$

$$GE = \frac{[(1 - 0,1475) + 1]}{2} = 0,9262 = 92,62\%$$

2.6. O SISTEMA SLP

Ao desenvolver o sistema SLP, Muther preocupou-se em estudar a inter-relação entre os recursos de produção no que diz respeito ao posicionamento físico entre estes, promovendo uma integração espacial destes recursos sob uma ótica global e coerente, considerando a sequência das operações, os equipamentos e condições espaciais do local para que a produção se torne mais eficiente em termos de rapidez e qualidade. (Almeida, 2006).

2.6.1. Fases do Sistema SLP

De acordo com Muther (1978) esse método é estruturado em fases que são compostas por procedimentos que visam identificar, visualizar e avaliar os elementos e as áreas envolvidas no projeto de leiaute, atuando na melhoria do desempenho de uma planta existente ou até mesmo no planejamento de novas instalações.

A estruturação das fases do SLP, de maneira geral, demonstra o nível de abrangência deste método, podendo ser utilizado no projeto integral de uma instalação produtiva. Outro fator importante é o fato de possuir em suas fases a compatibilidade e equivalência ao nível de análise com outros procedimentos de grande importância na elaboração do projeto de arranjo físico. (Lee, 1998).

A estruturação das fases do SLP, segundo Muther (1978) , se divide da seguinte maneira:

- **Fase I: Localização:** Fase em que se determina a área onde será realizado o planejamento das novas instalações do processo produtivo. Nesta fase deve-se avaliar se a nova proposta de leiaute será feita no mesmo prédio, em uma área disponível ou até mesmo se haverá necessidade de aquisição de novo prédio.
- **Fase II: Arranjo físico geral:** Fase que se dedica ao estudo das áreas da edificação selecionada na fase anterior, buscando definir os fluxos de informações, materiais e pessoas, além definir o grau de relação entre os departamentos existentes.
- **Fase III: Arranjo físico detalhado:** Fase em que o planejamento define a localização individual de cada equipamento em relação aos demais dentro do arranjo físico, além do detalhamento das características físicas da infraestrutura e localização dos suprimentos de materiais.
- **Fase IV: Implantação:** Esta fase é aquela em que o planejamento do arranjo físico é executado efetivamente, através de mudanças na infraestrutura (reformas e ampliações no prédio) e realocação de maquinário e suprimentos.

Segundo Muther (1978) para a obtenção de melhores resultados todas as fases devem se sobrepor, conforme a Figura 11, de maneira que os resultados de cada fase sirvam de variável de entrada para a próxima fase. No entanto, embora haja tal relação de dependência entre as fases, frequentemente as fases I e IV estão fora das atribuições do planejador, e em muitas vezes estas fases são executadas por terceiros. A fase I na maioria das vezes

compreende condições que estão fora da área de problema do planejador, tendo este pouca ou nenhuma influencia sobre esta fase, restringindo-se apenas as fases II e III.

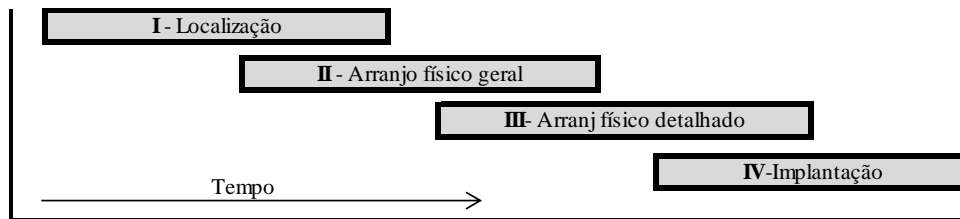


Figura 11 – Sobreposição das fases do SLP

Fonte: Adaptado de Muther (1978)

2.6.2. Sistema SLP Simplificado

O SLP Simplificado foi apresentado pela primeira vez a várias associações comerciais e sociedades profissionais. Por ser a condensação das fases II e III do SLP, é adequado para projetos menores que não exigem o tratamento completo do SLP. (MUTHER, 2012).

Segundo Muther e Wheeler (2012), os tipos de projetos em que o SLP simplificado é mais aplicado podem ser categorizados da seguinte forma:

- Áreas de escritório de até 300 metros quadrados, aproximadamente.
- Áreas de lojas ou de laboratórios de até 500 metros quadrados, aproximadamente.
- Áreas de estocagem de 750 a 1000 metros quadrados.

Segundo Muther e Wheeler (2012), todo arranjo físico baseia-se em três conceitos fundamentais:

- 1. Relações:** estudo do grau de dependência ou proximidade de atividades em relação a outras atividades dentro da unidade produtiva;
- 2. Espaço:** estudo da quantidade, tipo e forma ou configuração dos itens a serem posicionados no projeto de leiaute;
- 3. Ajuste:** estudo do arranjo das áreas e equipamentos de modo que produza os melhores resultados possíveis.






O Planejamento Sistemático Simplificado do Leiaute é composto em seis passos, sendo que cada passo é representado por um símbolo de fácil assimilação, explicados a seguir:

- 1. Diagrama de relações (Triângulo)** – Uma etapa qualitativa que procura identificar as relações entre as atividades, considerando a importância das proximidades entre estas. Nesta etapa utiliza-se o diagrama de relações Figura 12 no Anexo A.

De acordo com Muther e Wheeler (2012), a construção do diagrama de relações deve seguir as seguintes regras:

- Um símbolo para cada tipo de atividade, de acordo com as normas (apresentadas no Quadro 02);
- Um número (ou letra) para identificação de cada atividade;
- Um código de número de linhas para a intensidade de fluxo.

Quadro 02 – Código de número de linhas

| Letras | Valor (nº) | Nº de linhas | Proximidade |
|--------|------------|---|--------------------------|
| A | 4 |  | Absolutamente necessário |
| E | 3 |  | Especialmente importante |
| I | 2 |  | Importante |
| O | 1 |  | Proximidade Normal |
| U | 0 | | Sem Importancia |
| X | -1 |  | Não desejável |

Fonte: Adaptado de Muther e Wheeler (2012)

A Figura 13 esquematiza como deve ser feito o preenchimento do diagrama de relações.

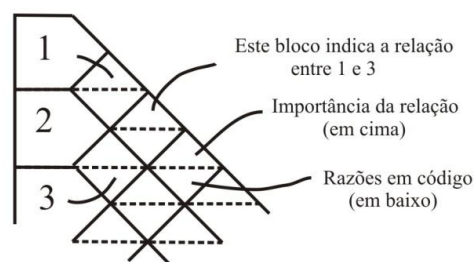


Figura 13 – Esquema de preenchimento do diagrama de relações

Fonte: Adaptado de Muther e Wheeler (2012)

2. **Necessidade de espaço e características físicas (Quadrado)** – Nesta etapa se determina o dimensionamento dos espaços necessários para que as máquinas, equipamentos e materiais sejam alocados de modo que estes sejam mais bem aproveitados. Nesta etapa utiliza-se a folha das áreas e características das atividades Figura 14 no Anexo A.
3. **Diagrama de relações de atividades (Estrela)** – O diagrama de relações, observado na Figura 15, procura relacionar as várias atividades entre si de forma visual e graficamente para dar o formato básico ao leiaute.

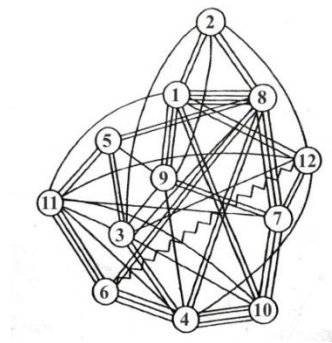


Figura 15 – Diagrama de relações de atividades

Fonte: Adaptado de Muther e Wheeler (2012)

4. **Desenvolvimento de alternativas (Circulo)** – Nesta etapa serão feitos os ajustes ou rearranjos necessários para integrar todas as considerações de modificação levando em conta vários fatores específicos como tipos de processos, métodos de movimentação, necessidade de pessoal e espaço entre outras.
5. **Avaliação de alternativas (Hexágono)** – Nesta etapa será selecionada a alternativa de leiaute mais adequada para a empresa. Para isso é necessário seguir alguns passos para preencher o formulário de avaliação das alternativas, Figura 16 no Anexo A.
6. **Detalhamento do Plano do Leiaute Selecionado (Retângulo)** – Nesta etapa final será feito o detalhamento do *leiaute* selecionado, onde constará o detalhe dos equipamentos e características físicas do *leiaute* selecionado.

CAPÍTULO 3

ESTUDO DE CASO

3.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A empresa objeto de estudo está localizada no município de Dom Eliseu-PA e é uma empresa de pequeno porte que atua no mercado de móveis e esquadrias de madeira há oito anos. Por questões de sigilo a empresa preferiu ter seu nome omitido, desta forma, ela será citada no decorrer do trabalho apenas pelo nome fictício de Móveis Brasil Ltda.

A empresa possui duas lojas localizadas nos municípios de Dom Eliseu e Marabá, onde é destinação final de quase totalidade de seus produtos. Sua matéria prima tem como base a madeira de reflorestamento e de manejo florestal. A empresa conta em sua unidade produtiva com 26 funcionários trabalhando em dois turnos de trabalho, sendo estes, oito marceneiros, dezesseis auxiliares de produção, uma auxiliar administrativa e um encarregado.

A empresa opera em prédio próprio, contando 920m² (novecentos e vinte metros quadrados) de área total da instalação, sendo que as áreas de usinagem, montagem e pintura possuem 288m², 48,5m², 44m² respectivamente.

3.2. DEFINIÇÃO DE PRODUTOS A SEREM ANALISADOS

Na ocasião da pesquisa a empresa Móveis Brasil Ltda. trabalhava com a oferta de 48 produtos ao longo dos últimos dois meses, entretanto as mudanças constantes de design dos produtos para acompanhar as tendências do mercado, esses itens podem variar tanto em quantidade quanto em métodos de fabricação com o acréscimo de novos produtos ou retirada de outros já existentes.

3.3. CLASSIFICAÇÃO ABC

A classificação dos produtos pela curva ABC foi importante, pois existe uma grande variedade de produtos fabricados pela empresa e o trabalho seria extenso demais caso fossem abordados todos, além de que o estudo de todos os itens seria inviável em termos de tempo e prazo, pois como o sistema de produção é caracterizado como puxada os produtos não são fabricados constantemente, mas sim apenas quando encomendados, ao passo que, através da classificação pela curva ABC, é possível dirigir os esforços aos itens mais representativos em termos de vendas, volume produzido e de faturamento. A Tabela 08, contida no Anexo A, traz

a classificação ABC dos produtos. A Figura 17 apresenta o gráfico da curva ABC, obtido dos dados da Tabela 08 no Anexo A, que diz que os itens classe A que são 12,5% do total de produtos representam 69,1% da demanda.

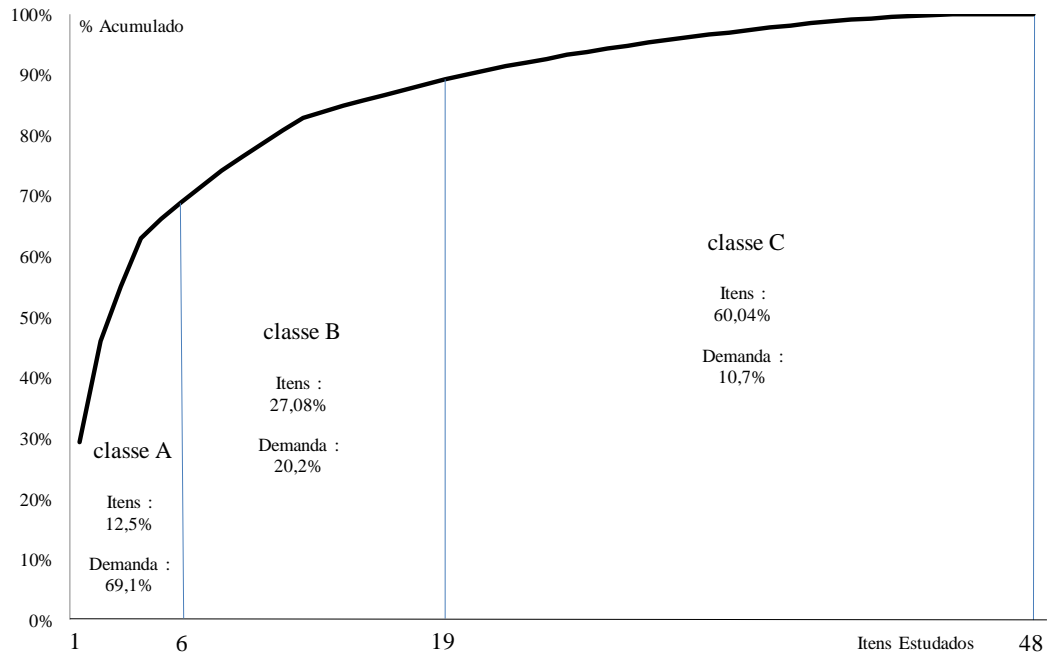


Figura 17 – Classificação ABC dos produtos

Fonte: Elaborado pelo autor

3.4. DECOMPOSIÇÃO DOS PRODUTOS CLASSE A EM COMPONENTES.

Terminada a etapa de classificação e seleção dos produtos, verificou-se que os produtos classe A, apesar de sua pequena quantidade, apenas seis itens, possuíam uma grande variedade de componentes ou peças para cada um deles, o que tornaria inviável a implementação de um arranjo físico celular baseado diretamente nos produtos, portanto, fez-se necessária a sua subdivisão em componentes, exibidos nas Tabelas 09 e 10 no Anexo B. Desta forma foi possível agrupá-los em famílias de componentes por similaridade de processo, ou seja, componentes que passam pelos mesmos processos ou máquinas terão uma célula dedicada á eles.

3.5. ARRANJO FÍSICO ATUAL

O sistema de produção encontrado no leiaute atual pode ser caracterizado como produção puxada, pois, segundo Lustosa (2008), os produtos são fabricados de acordo com a demanda real apresentada, isto é, este sistema baseia-se no princípio de que um processo posterior pede e retira peças do estoque de um processo anterior apenas na proporção e na hora que são necessárias.

No arranjo físico atual há três locais onde são realizados os processamentos dos produtos. Estes são a área de usinagem, área de montagem e a área de pintura. A Figura 18 apresenta o leiaute atual com suas áreas e equipamentos enumerados.

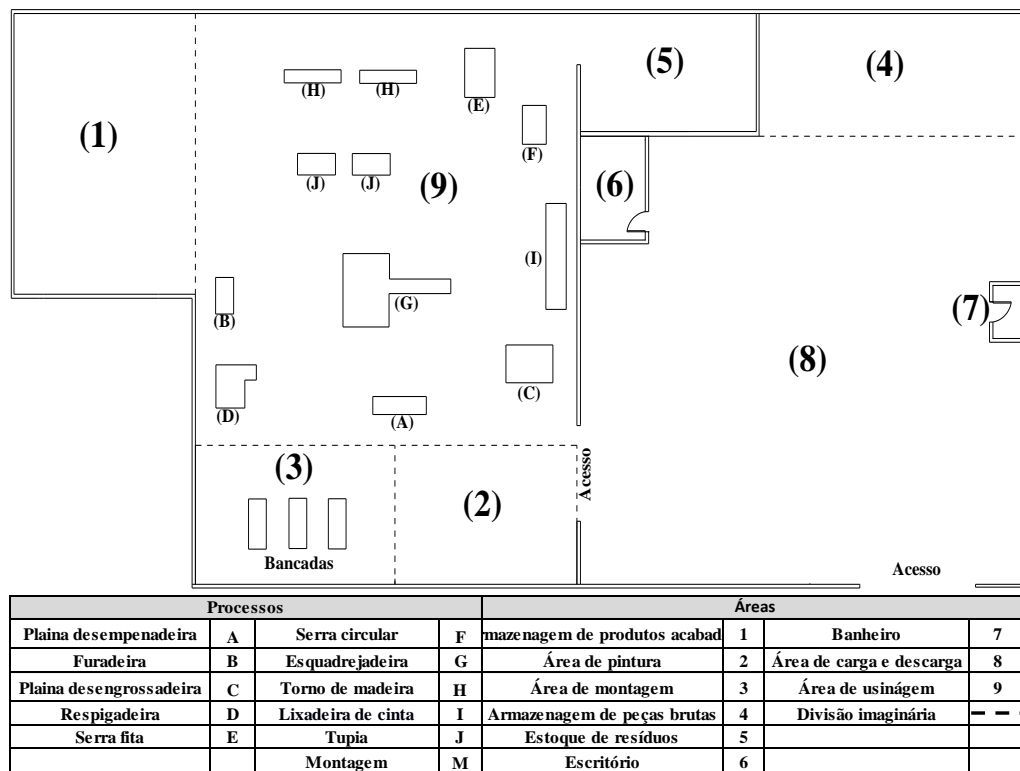


Figura 18 – Leiaute atual
Fonte: Elaborado pelo autor

4.5.1. Movimentação Interna Atual

Depois de efetuado o mapeamento das sequências das operações, foram medidas as distâncias entre estas operações com a utilização do *software* AutoCad 2010.

4.5.2. Mapofluxograma do Processo Atual

Considerando o arranjo físico adotado na marcenaria para a fabricação dos produtos de madeira, percebeu-se que, diante dos conceitos abordados no capítulo 2, tópico 2.1.2, houve uma predominância de arranjo físico ou leiaute por processo. O arranjo físico por processo é comumente encontrado em indústrias moveleiras ou empresas que trabalham com grande variedade de produtos, como é o caso da empresa Móveis Brasil Ltda., que além de janelas de madeira, produzem mobiliários e pequenos objetos.

No mapofluxograma representado na Figura 19, a título de exemplo, será descrito apenas o processo de fabricação do componente p1 (montante lateral de porta), pois se tornaria confusa a representação de todos os componentes fabricados.

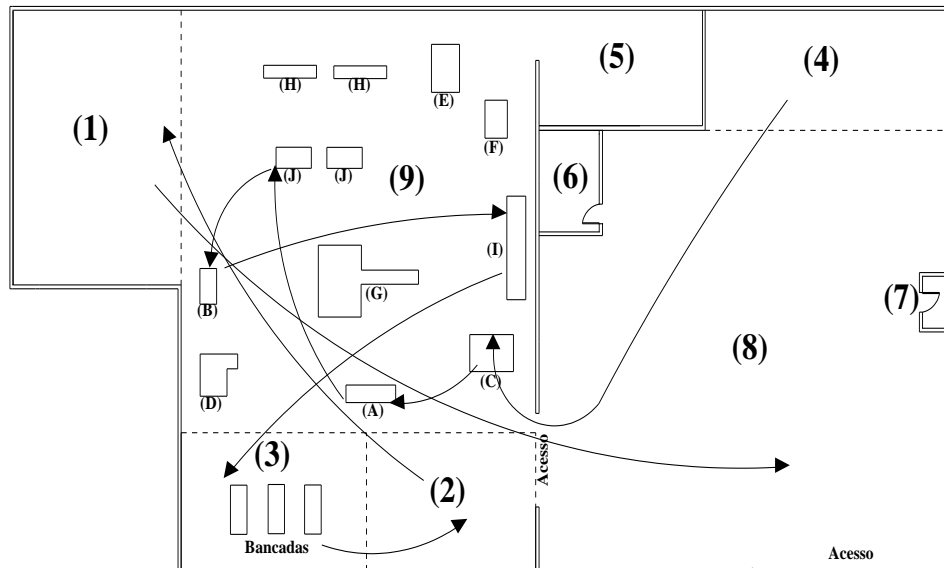


Figura 19 – Mapofluxograma do processo atual para o componente p1

Fonte: Elaborado pelo autor

Ao se observar o arranjo físico, notou-se a existência de várias etapas que se cruzam e algumas etapas que possuam seqüências que se encontravam distantes entre si, como pode ser observado na figura acima as etapas de lixamento (I) das peças que, em seguida, passam para a etapa de montagem (3). Diante disso, fez-se necessária a revisão do arranjo físico para os componentes dos produtos selecionados anteriormente pela curva ABC, a fim de minimizar os cruzamentos e a movimentação excessiva entre as etapas do processamento. A Figura 20 representa o fluxograma do processo do componente p1.

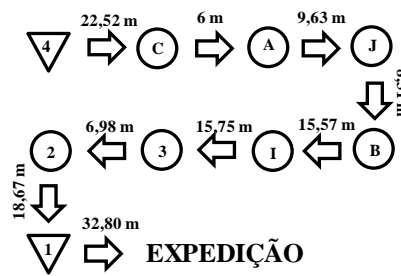


Figura 20 – Fluxograma do processo atual para o componente p1

Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 11 localizada no Anexo C representa a carta de múltiplos processos onde trás os fluxogramas das etapas de processamento dos componentes pertencentes aos produtos classe A, no entanto, apenas as sequências pertencentes à área de usinagem foram representadas.

No processo de usinagem foram observados dois estágios sendo o primeiro destes, aqui chamado de processamento primário, onde as peças brutas vindas do estoque são preparadas a fim de eliminar falhas ou incompatibilidades com as dimensões requeridas. Em seguida tem-se o processamento secundário, onde as peças brutas passam a ganhar variadas formas dando origem aos componentes dos produtos.

4.6. DEFINIÇÃO DAS CÉLULAS POR COMPONENTE

4.6.1. Aplicação do Algoritmo CNA

Com o objetivo de definir a quantidade apropriada de células com seus respectivos agrupamentos de componentes e máquinas do processo produtivo descrito anteriormente, foi adotado neste trabalho o algoritmo de agrupamento *Close Neighbour Algrorithm*. O objetivo deste passo é fazer a conversão do leiaute funcional atual existente para um leiaute celular. A escolha do algoritmo CNA no desenvolvimento desta etapa foi motivada pelo seu baixo custo, simplicidade e rapidez na execução e por agrupar tanto peças como de máquinas nas correspondentes células. O desenvolvimento do algoritmo se apresenta nas Tabelas presentes no Anexo D. O detalhamento dos passos de execução do algoritmo pode ser visto na sequência.

4.6.2. Matriz Inicial A de Incidências

Conforme o tópico 2.5, item (a) no capítulo 2 criou-se uma matriz inicial (A) de incidências, onde as máquinas são listadas nas linhas e os produtos ou peças, nas colunas. Em

seguida foram feitas as enumerações conforme o passo 2, onde toda vez que um componente necessitou de uma máquina em sua fabricação assinalou-se com “1” no cruzamento correspondente, já nos casos contrários foram assinalados com “0”. A matriz inicial (A) aqui estudada se apresenta na Tabela 12 no Anexo D.

Logo abaixo no Quadro 03 está listada a relação de máquinas utilizadas no estudo. Não foram consideradas para essa análise máquinas de pequeno porte e ferramentas portáteis que por serem flexíveis, ao contrário das máquinas pesadas, podem ser locomovidas com facilidade de acordo com a necessidade.

Quadro 03 – Relação das máquinas utilizadas na usinagem

| Maquinas | Indice |
|------------------------|--------|
| Plana desempenadeira | 1 |
| Furadeira | 2 |
| Plana desengrossadeira | 3 |
| Respigadeira | 4 |
| Serra fita | 5 |
| Serra circular | 6 |
| Esquadrejadeira | 7 |
| Torno de madeira | 8 |
| Lixadeira de cinta | 9 |
| Tupia | 10 |

Fonte: Elaborado pelo autor

4.6.3. Matriz B (Máquina Versus Máquina)

A Tabela 13 traz a matriz B obtida a partir da matriz inicial de incidências, obtida a partir da Tabela 12 no Anexo D, é uma matriz onde se relaciona umas com as outras todas as máquinas do processo produtivo. Cada célula da matriz indica quantos componentes são compartilhados por par de máquinas. *Si* representa a soma de incidências em cada linha.

Tabela 13 – Matriz B obtida a partir da matriz inicial (A)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Si |
|----|---|----|---|----|---|----|---|---|----|----|----|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 12 | 6 | 3 | 3 | 2 | 18 | 15 | 67 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 12 | 0 | 0 | 6 | 2 | 0 | 0 | 12 | 12 | 52 |
| 5 | 0 | 6 | 0 | 6 | 0 | 2 | 4 | 4 | 8 | 9 | 47 |
| 6 | 0 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 10 | 3 | 22 |
| 7 | 0 | 3 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 6 | 3 | 0 | 17 |
| 8 | 0 | 2 | 0 | 0 | 4 | 1 | 6 | 0 | 3 | 1 | 17 |
| 9 | 0 | 18 | 0 | 12 | 8 | 10 | 3 | 3 | 0 | 1 | 63 |
| 10 | 0 | 15 | 0 | 12 | 9 | 3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 49 |

Fonte: Elaborado pelo autor

4.6.4. Tabela de Reordenação das Linhas da Matriz Inicial A

Esta etapa teve por objetivo fazer a reordenação de linhas da matriz inicial (A). De acordo com o passo 4 do tópico 2.6.1 no capítulo 2, a matriz B foi analisada segundo os critérios supracitados. Na Tabela 14, está apresentada a reordenação das linhas da matriz inicial.

Tabela 14 – Reordenação das linhas da matriz de incidência

| Índice de linhas | Máquinas possíveis | Máquina Selecionada | Razão |
|------------------|--------------------|---------------------|---------------------------|
| v=1 | 2 | 2 | S2=máximo |
| v=2 | 9 | 9 | b92=máximo |
| v=3 | 4 | 4 | b49=máximo |
| v=4 | 10 | 10 | b10,4=máximo |
| v=5 | 5 | 5 | b5,10=máximo |
| v=6 | 7,8 | 7 | b75=b85=máximos;S7=S8;7<8 |
| v=7 | 8 | 8 | b87=máximo |
| v=8 | 6 | 6 | b68=máximo |
| v=9 | 1,3 | 1 | b16=b36=máximos;S1=S3;1<3 |
| v=10 | 3 | 3 | b31=máximo |

Fonte: Elaborado pelo autor

A nova matriz intermediária com as linhas reordenadas é apresentada na Tabela 15 no Anexo D.

4.6.5. Reorganização das colunas da Nova Matriz Intermediária

Neste estágio foi feita a reordenação das colunas de acordo com os critérios de seleção descritos no tópico 2.5, item (b) do capítulo 2, na Tabela 16 no Anexo D é possível visualizar o sumário dos resultados da reordenação das colunas. A matriz final já reordenada pode ser observada na Tabela 17 no Anexo D. As células resultantes foram identificadas ao longo da diagonal principal, destacadas pelos números 1 e 2.

No entanto, constatou-se que na formação constante na Tabela 17 no Anexo D havia muitos espaços intracélulas e que as máquinas 4 e 10, respigadeira e a tupia respectivamente, ficariam ociosas na célula 2. Aplicou-se então o cálculo de eficiência de agrupamento GE, representado na equação abaixo e verificou-se uma eficiência de agrupamento de 74,91%.

$$Ex = \frac{5}{117} = 0,0427$$

$$Es = \frac{112}{207} = 0,5410$$

$$GE = \frac{[(1 - 0,0427) + 0,5410]}{2} = 0,7491 = 74,91\%$$

Com o intuito maximizar a eficiência das células, foi feita uma intervenção que consistiu em deslocar manualmente as linhas referentes às máquinas 4 e 10 para cima e a linha da máquina 9 para baixo, formou-se desta forma um novo agrupamento, representado na Tabela 18 no Anexo D. Então foi aplicado um novo cálculo GE para verificar a eficiência da nova formação de células, equação abaixo. Verificou-se uma melhora da eficiência que passou de 74,91% para 79,15%.

$$Ex = \frac{6}{117} = 0,0512$$

$$Es = \frac{111}{175} = 0,6342$$

$$GE = \frac{[(1 - 0,0512) + 0,6342]}{2} = 0,7915 = 79,15\%$$

O método de formação de célula utilizado apresentou uma escalação de máquinas e componentes que pode ser vista na Figura 21. Como todos os componentes dos produtos estudados são processados inicialmente pelas máquinas 1 e 3, plaina desempenadeira e plaina desengrossadeira, respectivamente, considerou-se a formação de uma célula para a etapa chamada processamento primário.

O método indicou que houve a necessidade de duplicação das máquinas 5 e 9, serra fita e lixadeira de cinta, respectivamente, pois ambas as células 1 e 2 necessitam destas para atenderem operações comuns entre si.

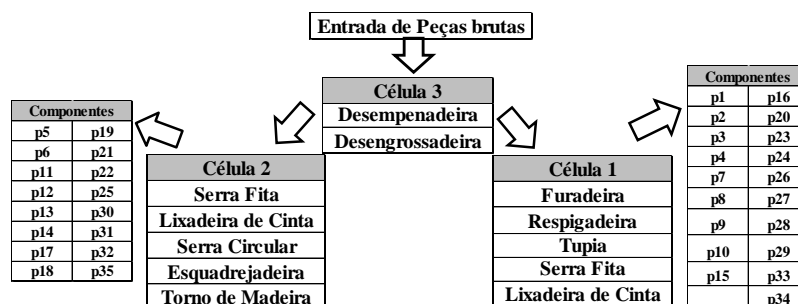


Figura 21 – Formação de células

Fonte: Elaborado pelo autor

4.7. APLICAÇÃO DO SLP SIMPLIFICADO

A metodologia do Planejamento Sistemático e Simplificado do Leiaute (SLP) foi selecionada pelo fato de que a empresa estudada foi enquadrada na categoria de projetos de pequeno porte, segundo os conceitos descritos por Muther (2012). Além de ser um método de fácil compreensão que possibilita que o planejador de Leiaute, as equipes autogeridas e o proprietário de um pequeno negócio consigam aplicar tais conceitos em qualquer tipo de espaço. (MUTHER, 2012). Nos tópicos a seguir serão descritos os passos do SLP simplificado aplicado à empresa estudada.

4.7.1. Diagrama de Relações (Triângulo)

Neste primeiro passo foram feitas as relações, conforme descrito na Figura 22 Anexo E, entre cada uma das nove principais atividades que compõem a estrutura da empresa, de forma que foram apontados os graus de proximidade de cada atividade em relação à outra. Por ser uma etapa de caráter qualitativo e consensual, foi necessário recorrer à opinião de alguns membros da equipe de trabalho como marceneiros, auxiliares de produção, auxiliar administrativo e o gerente, de forma que estes puderam apontar quais atividades deveriam ser aproximadas e quais deveriam ser afastadas.

4.7.2. Necessidade de Espaço e Características Físicas (Quadrado)

O processo de planejamento espacial de um interior se inicia no instante em que uma pessoa, ou um grupo de pessoas, toma a decisão de sujeitar uma edificação, ou parte dela, a uma nova finalidade, o que inclui desde espaços habitacionais ou profissionais pequenos até equipamentos profissionais ou institucionais grandes e complexos. (KARLEN, 2010).

Uma previsão acertada dos espaços é uma etapa necessária para o projeto do novo Leiaute. De acordo com o que diz Karlen (2010), Para definição das áreas necessárias para cada departamento foram efetuadas entrevistas ao nível executivo, para se ter uma ideia geral da organização; com o nível administrativo, funções dos departamentos e operacional para o detalhamento dos processos e equipamentos.

Durante as entrevistas foram discutidos aspectos como:

- Equipamentos.
- Parâmetros de arquitetura, tais como plano diretor e/ou código de edificações; instalações elétricas e mecânicas; condicionantes legais sobre sistemas hidrossanitários, etc.

Após as etapas de observação e análise os dados foram sintetizados e apresentados na folha de áreas e características presente na Figura 23 no Anexo E. Neste estudo a empresa, por motivos estratégicos, optou por manter os espaços atuais para atividades de usinagem, montagem e pintura.

4.7.2.2. Área útil dos equipamentos da área de usinagem

Para se determinar a área útil de todas as máquinas presentes na área de usinagem foi necessário dimensionar além de suas características físicas, o espaço mínimo que deve ser mantido em seus entornos para que cada equipamento desempenhe de forma eficaz suas atividades sem que haja conflito com áreas vizinhas. No arranjo físico atual notou-se que havia um subaproveitamento da área de usinagem com distâncias excessivas entre as máquinas. Para delimitar essas áreas foi necessário consultar a opinião dos funcionários que operavam as máquinas, pois eles possuem o conhecimento intrínseco da operação e manuseio dos equipamentos e puderam, desta forma, apontar o limite mínimo de utilização dos equipamentos para que em seguida fossem feitas as medidas de suas áreas úteis. A Tabela 19 a seguir apresenta as áreas requeridas para cada máquina.

Tabela 19 – Determinação das áreas úteis das máquinas

| Equipamentos | Área mínima necessária (m ²) |
|------------------------|--|
| Plana desempenadeira | 8,62 |
| Furadeira | 8,66 |
| Plana desengrossadeira | 11,78 |
| Respigadeira | 11,54 |
| Serra fita | 11,97 |
| Serra circular | 9,53 |
| Esquadrejadeira | 33,15 |
| Torno de madeira | 8,25 |
| Lixadeira de cinta | 14 |
| Tupia | 10,48 |

Fonte: Elaborado pelo autor

4.7.3. Diagrama de Relações de Atividades (Estrela)

Aqui as atividades foram relacionadas visualmente e graficamente entre si, conforme descrito na Figura 24, para isso utilizou-se as informações contidas nos passos anteriores, para assim, gerar o formato básico do Leiaute. Para criar uma representação gráfica do diagrama de relações, primeiramente foram feitas as ligações correspondentes aos graus de proximidade

“A” e “E”, em seguida foi feita a redistribuição para buscar o melhor ajuste e foram adicionadas as ligações tipo “I”; novamente redistribuiu-se o diagrama e foram adicionadas as ligações do tipo “O” e “X”. E por fim o diagrama foi ajustado ao seu estado definitivo o qual servirá de parâmetro para as etapas posteriores.

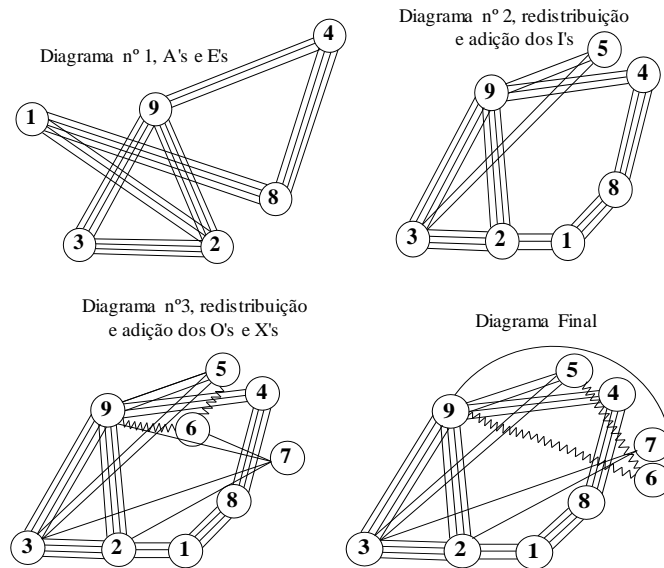


Figura 24 – Diagrama de relações de atividades

Fonte: Elaborado pelo autor

4.7.4. Desenvolvimento de Alternativas de Leiaute (Círculo)

Após a determinação das relações de proximidade de cada atividade, foram feitos os rearranjos alternativos de forma que estes integraram todas as considerações de modificação e limitações práticas. A Figura 25 no Anexo E apresenta três alternativas de leiaute, onde a alternativa A representa uma opção que leva em consideração as restrições do prédio já existente, isto é, as áreas foram redistribuídas de forma a ocupar novas posições dentro do prédio existente, sem que esse passe por drásticas mudanças estruturais. As demais alternativas foram delimitadas pela área total do terreno da empresa, neste caso considera-se a construção de um novo prédio.

4.7.5. Avaliação dos Arranjos Alternativos (Hexágono)

A partir dos três planos fornecidos pela fase anterior deve-se agora selecionar o plano definitivo para o arranjo físico geral. Na avaliação das alternativas de leiaute foram estabelecidos vários fatores que representam os objetivos que a empresa deseja alcançar com o planejamento de arranjo físico. Em seguida foram atribuídos pesos para os fatores onde estes pesos variaram de 0 a 10 de acordo com o grau de importância estipulado pela empresa,

representada pelo gerente/proprietário. A seguir estão descritos os fatores em ordem decrescente de seus respectivos pesos:

1. Fluxo de material e economia no manuseio: A empresa atribuiu peso 10 para este fator, pois reconhece que a movimentação e manuseio de materiais são a principal barreira para o aumento de seu faturamento e de uma maior participação no mercado.
2. Tempo de implantação: A empresa atribuiu peso 9 para este fator com a justificativa que durante o tempo da implantação a inatividade geraria grandes prejuízos por conta dos custos fixos da empresa e os custos de oportunidade causados pelos atrasos de pedidos e pela impossibilidade de atender novos clientes.
3. Investimento mínimo: Para esse fator a empresa justificou o peso 8 por não ter disponibilidade financeira no momento de arcar com imobilizações que podem comprometer seu capital de giro.
4. Aparência e facilidade de organização: A empresa atribuiu peso 7 a este fator por acreditar que este seja um facilitador de outros fatores como facilidade de supervisão e higiene e segurança no trabalho.
5. Facilidade de expansão: Foi atribuído peso 5 a este fator, pois a empresa justifica que seu planejamento prioriza uma expansão através de filiais em outras cidades onde a matéria prima é mais abundante e o mercado é mais aquecido.

A Figura 26 ilustra o formulário de avaliação das alternativas aqui propostas e constatou-se que a alternativa A foi a proposta vencedora com um total de 105 pontos no somatório dos pesos, seguido das alternativas B e C ambas com 68 pontos.

Fabrica/Área: Marcenaria Projeto: Novo Layout Data: 26/03/2014
 Descrição das alternativas:

A. Usinagem no canto superior esquerdo; montagem abaixo.
 B. Usinagem à direita; montagem à esquerda.
 C. Usinagem no canto inferior direito; montagem acima.

Peso atrib. por: Equipe e a gerência Classifi. por: Autor
 Calculador por: Autor

| Fator/Consideração | Peso | A | B | C | D | Obs. |
|---|------|------------|-----------|-----------|---|------|
| 1. Fluxo de material e economia de manuseio | 10 | I 20 | I 20 | I 20 | | |
| 2. Tempo de implantação | 9 | E 27 | O 9 | O 9 | | |
| 3. Investimento mínimo | 8 | A 32 | O 8 | O 8 | | |
| 4. Aparência e facilidade de organização | 7 | E 21 | E 21 | E 21 | | |
| 5. Facilidade de expansão | 5 | O 5 | I 10 | I 10 | | |
| 6. | | | | | | |
| Totais | | 105 | 68 | 68 | | |

Obs. Valores das classificações: A (Quase perfeito) = 4
 E (Especialmente bom) = 3
 I (Resultados importantes) = 2
 O (Resultados normais) = 1

Figura 26 – Formulário de avaliação de alternativas

Fonte: Elaborado pelo autor

4.7.6. Detalhamento do Leiaute Selecionado (Retângulo)

O passo final da metodologia SLP consistiu em detalhar o leiaute selecionado com a inclusão de detalhes dos equipamentos e suas características individuais. Após a o término desta etapa, o projeto estará pronto para a implantação de outros projetos como de iluminação, hidráulico, adequação aos requisitos legais como as normas regulamentadoras e demais licenciamentos que permitam a regularização do processo produtivo planejado.

Na Figura 27, os equipamentos, a disposição dos setores, indicação dos corredores de circulação e outras particularidades estruturais do arranjo físico que foram tratadas neste estudo foram dispostos no mesmo plano.

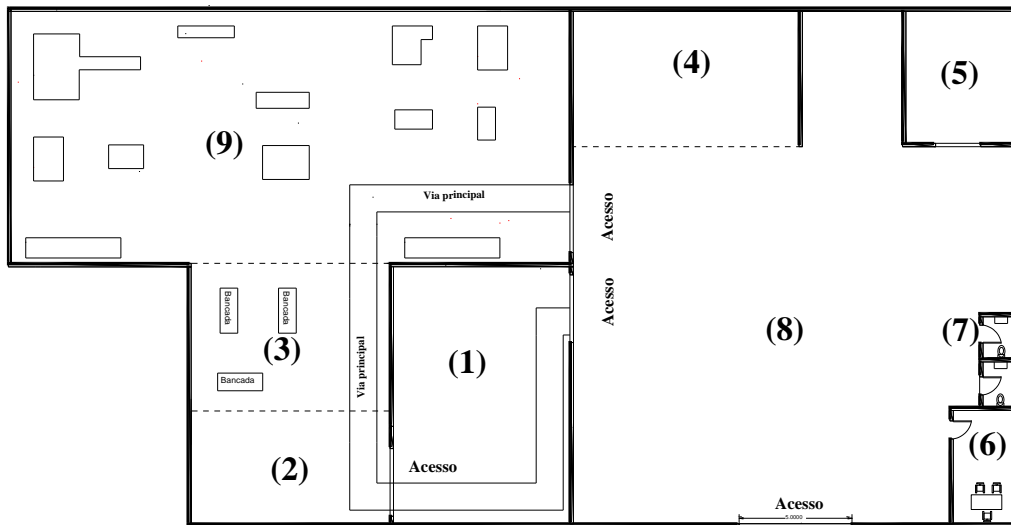


Figura 27 – Detalhamento do leiaute selecionado
 Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 28 apresenta o detalhamento da área de usinagem da empresa, onde é possível visualizar com nitidez o arranjo físico celular proposto, as linhas pontilhadas demarcam as áreas requeridas por cada máquina.

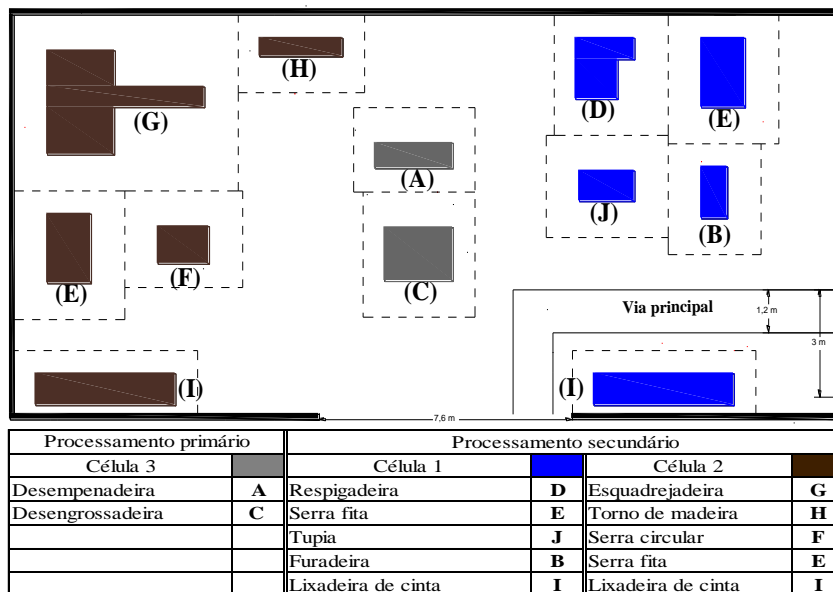


Figura 28 – Detalhamento do leiaute da área de usinagem
 Fonte: Elaborado pelo autor

4.8. Movimentação Interna do Leiaute Proposto

As sequências das operações foram traçadas e medidas com o auxílio do software AutoCad 2010, o objetivo desta etapa foi verificar a eficiência do leiaute proposto em termos de distâncias percorridas pela matéria prima e de cruzamentos entre as operações na área de

processamento, desta forma, foi possível atestar a viabilidade do novo projeto. A Tabela 20 no Anexo C apresenta a carta de múltiplos processos do leiaute proposto.

CAPÍTULO 4

4.1. SÍNTESE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão detalhados os resultados obtidos no estudo de caso a fim de destacar os ganhos a partir dos leiautes propostos.

4.2. ANÁLISE DO ARRANJO FÍSICO GERAL

Na busca de um arranjo físico mais eficiente, nem sempre é uma tarefa fácil determinar posicionamento relativo entre as diversas áreas, sobretudo aquelas que não estão diretamente associadas ao processo produtivo. Com a ferramenta SLP foi possível identificar soluções para alguns problemas encontrados no leiaute atual, tais como a área de armazenagem de produtos acabados que foi reposicionada no final do fluxo produtivo, ou seja, após a última etapa de processamento localizada na área de pintura, desta forma elimina-se o atual fluxo de produtos acabados que cruza a área de usinagem para serem expedidos; dois portões de acesso foram projetados, um no início do processo localizado na área de usinagem e outro na área de armazenagem de produtos acabados, com isso é possível tornar o fluxo geral linear; e o escritório foi afastado da área de usinagem, tendo em vista uma melhora no conforto sonoro.

4.3. ANÁLISE DO ARRANJO FÍSICO NA ÁREA DE USINAGEM

A inferência dos resultados foi obtida através das cartas de múltiplos processos, apresentadas nas Tabelas 11 e 20 no Anexo C, referentes ao atual leiaute por processo e ao leiaute celular proposto, respectivamente. A Tabela 21 no Anexo E apresenta o número de cruzamentos entre operações que cada componente apresentou na área de usinagem para os leiautes atual e proposto. Para a contagem dos cruzamentos foi utilizado o *software AutoCad* 2010, com a planta em escala real foi possível refazer todos os fluxogramas do leiaute proposto com base na nova disposição das máquinas no setor de usinagem. A Tabela 23 trás a síntese comparativa das melhorias percebidas com a implantação do projeto de arranjo celular na área de usinagem da marcenaria em relação ao atual arranjo físico, isto é, apresenta a totalização de todos os cruzamentos entre as operações e o somatório do percurso que todos os componentes fazem dentro da área de usinagem. Foi possível constatar que com a implantação do leiaute celular é possível ter uma redução de 76,2% do total de cruzamentos presentes no leiaute atual e uma diminuição de 37,6% do total percorrido em metros no leiaute atual.

Tabela 23 – Balanço dos resultados

| | Layout atual | Layout proposto | Redução percentual |
|--------------------------------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Nº de cruzamentos entre as operações | 59 | 14 | 76,20% |
| Percurso entre operações (metros) | 1873,79 | 1167,78 | 37,60% |

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.1. Limitações a Serem Consideradas

Quanto ao algoritmo CNA foi possível constatar algumas limitações, pois este não considera restrições como:

- Custos envolvidos em processamento e movimentação interna;
- Interdependência dos equipamentos;
- Balanceamento da linha;
- Quantidade de operadores envolvidos.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O leiaute de uma fábrica é produto de milhares de decisões, passadas e presentes. É a manifestação física da estratégia de produção da empresa (LEE, 1998). Dito isto, a realização deste trabalho de conclusão de curso possibilitou a formulação de algumas conclusões em torno de uma metodologia de utilização combinada de ferramentas de apoio ao planejamento de leiaute em uma manufatura de pequeno porte.

Uma proposta de melhoria de arranjo físico foi o objetivo principal deste trabalho. A metodologia proposta foi aplicada de maneira aprofundada em relação à movimentação de materiais e de pessoas dentro do ambiente produtivo, caracterizando o trabalho como um estudo de caso.

O presente trabalho mostrou de uma forma contextualizada a importância do planejamento de leiaute na estratégia competitiva de empresas de manufatura. O estudo aponta no sentido de tornar mais flexível e eficiente o processo produtivo das fábricas, sobretudo aquelas inseridas em um mercado de extrema competitividade como é o caso do mercado moveleiro. É neste panorama que o planejamento de leiaute assume o papel de elemento norteador ao dar suporte à estratégia de manufatura das empresas no que tange os seus produtos e processos. Este trabalho explanou as etapas fundamentais para um adequado planejamento de leiaute, utilizando ferramentas de apoio à construção do projeto.

Os resultados obtidos permitem concluir que com a aplicação de ferramentas de engenharia como o SLP (*Systematic Layout Planning*) e o Algoritmo CNA é possível de criar um ambiente mais eficiente.

5.2. RECOMENDAÇÕES AOS TRABALHOS FUTUROS

Pela importância do desenvolvimento de estudos que objetivem avanços em termos de produtividade e competitividade, é apropriado recomendar alguns aspectos importantes para um melhor enriquecimento do que foi tratado neste trabalho. O objetivo é a inclusão de mais ferramentas a serem aplicadas de maneira a proporcionar resultados mais precisos e relevantes do ponto de vista competitivo. Aos futuros estudos acadêmicos recomenda-se maior aprofundamento nos seguintes pontos:

- Utilização de técnicas de simulação computacional, a fim de atestar a confiabilidade do resultado obtido na pesquisa.
- Aplicação de técnicas de tempos e métodos para obtenção de tempos padrões e a padronização do trabalho efetuado.
- Utilização de outras técnicas de avaliação de alternativas, por exemplo, a Análise Multicritério, para atribuição de pesos aos fatores relacionados ao fluxo de materiais.
- Utilização de outras ferramentas de agrupamento de célula, por exemplo, o algoritmo ROC (*Ranking Order Clustering*) e o AAD (Algoritmo de agrupamento direito) a fim de comparar os resultados obtidos e atestar uma maior confiabilidade.

O estudo aqui desenvolvido pode ser aplicado em outras empresas de manufatura de forma semelhante, tais como empresas de confecções e metalúrgicas, pois estas também possuem uma variedade muito extensa de produtos ofertados, o que caracterizam seus leiautes como por processo ou funcionais.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Darlene Brandão. **Adaptação do sistema SLP para unidades de comercialização de pescado**. (Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2006.
- AMANTINO, Elias Baldissera. **Sistema para projeto de célula de manufatura: Definição de agrupamentos**. (Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.
- ANDRADE, Maria M. **Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação – noções práticas**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- BARNES, Ralph. **Estudo de Movimentos e Tempos: Projeto e Medida do Trabalho**. 6ª ed. São Paulo: Edgard Bluncher, 1977.
- BLACK, J.T. **O projeto da fábrica com futuro**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 1998.
- BOE, W.J.; CHENG, C.H. "*A close neighbour algorithm for designing cellular manufacturing systems*". *International Journal of Production Research*, 1991. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207549108948069#.U230gFfp3IU>>. Acesso em 08 de novembro de 2013.
- CAMPUS, Antônio Jorge Cunha. **A gestão da Cadeia de Suprimentos**. Curitiba: IESDE Brasil, 2010.
- CÉSAR, Francisco I. Giocondo. **Ferramentas básicas da qualidade**. 1. ed. São Paulo: Biblioteca24horas, 2011.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- DALMAS, Volnei. **Avaliação de um layout celular implementado: um estudo de caso em uma indústria de autopeças**. (Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.
- GIL, Antonio C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- HEIZER, J.; RENDER, B. **Administração de Operações – Bens e serviços**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos, 2001.
- LEE, Q. **Projeto de instalações e do local de trabalho**. 1. ed. São Paulo: IMAM, 1998.
- LUSTOSA, L.; MESQUITA, M.A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. **Planejamento e controle da Produção**. 1. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2008.
- MARQUES, C.F. **Estratégia da gestão da produção e operações**. ed. Digital. Curitiba: IESDE Brasil, 2012.

- MARCONI, Marina A.; LAKATOS, Eva M. **Técnicas de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- KARLEN, Mark. **Planejamento de espaços internos com exercícios**. 3. ed. São Paulo: Bookman, 2010.
- MÁSCULO, Francisco; VIDAL, Mario. **Ergonomia: Trabalho adequado e eficiente**. 1. ed. São Paulo: Campus, 2011.
- MUTHER, Richard. **Planejamento do layout: sistema SLP**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1978.
- MUTHER, R.; WHEELER, J. D. **Planejamento Simplificado de Layout: Sistema SLP**. 3. ed. São Paulo: IMAM, 2012.
- OLIVEIRA, Sílvio L. **Tratado de Metodologia Científica**. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2001.
- OLIVÉRIO, J. L. **Projeto de fábrica: produtos, processos e instalações industriais**. 1. ed. São Paulo: IBLC, 1985.
- REBELLATO, Dayse. **Projeto de Investimento**. 1. ed. São Paulo: Manole Ltda, 2004.
- ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a Enxergar: Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.
- SILVA, Alessandro Lucas da. **Desenvolvimento de modelo de análise e projeto de layout industrial, em ambientes de alta variedade de peças, orientado para produção enxuta**. (Tese de doutorado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2009.
- SLACK, N. **Administração da Produção, edição compacta**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- TOMPKINS, J.A; WHITE, J.A; BOZER, Y.A; TANCHOCO, J.M.A. **Planejamento de instalações**. 4. ed. São Paulo: LTC, 2013.
- TREIN, Fabiano André. **Análise e melhoria de layout de processo na indústria de beneficiamento de couro**. (Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.
- VERGUEIRO, Waldomiro. **Qualidade em serviços de informação**. 1. ed. São Paulo: Arte & Ciência, 2002.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: Planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman Campanhia, 2005.
- KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L.P. **“Operations Management – Strategy Analysis”** 5th Edition, ed. Addison-Wesley Longman, Inc, 1999.

APÊNDICE A

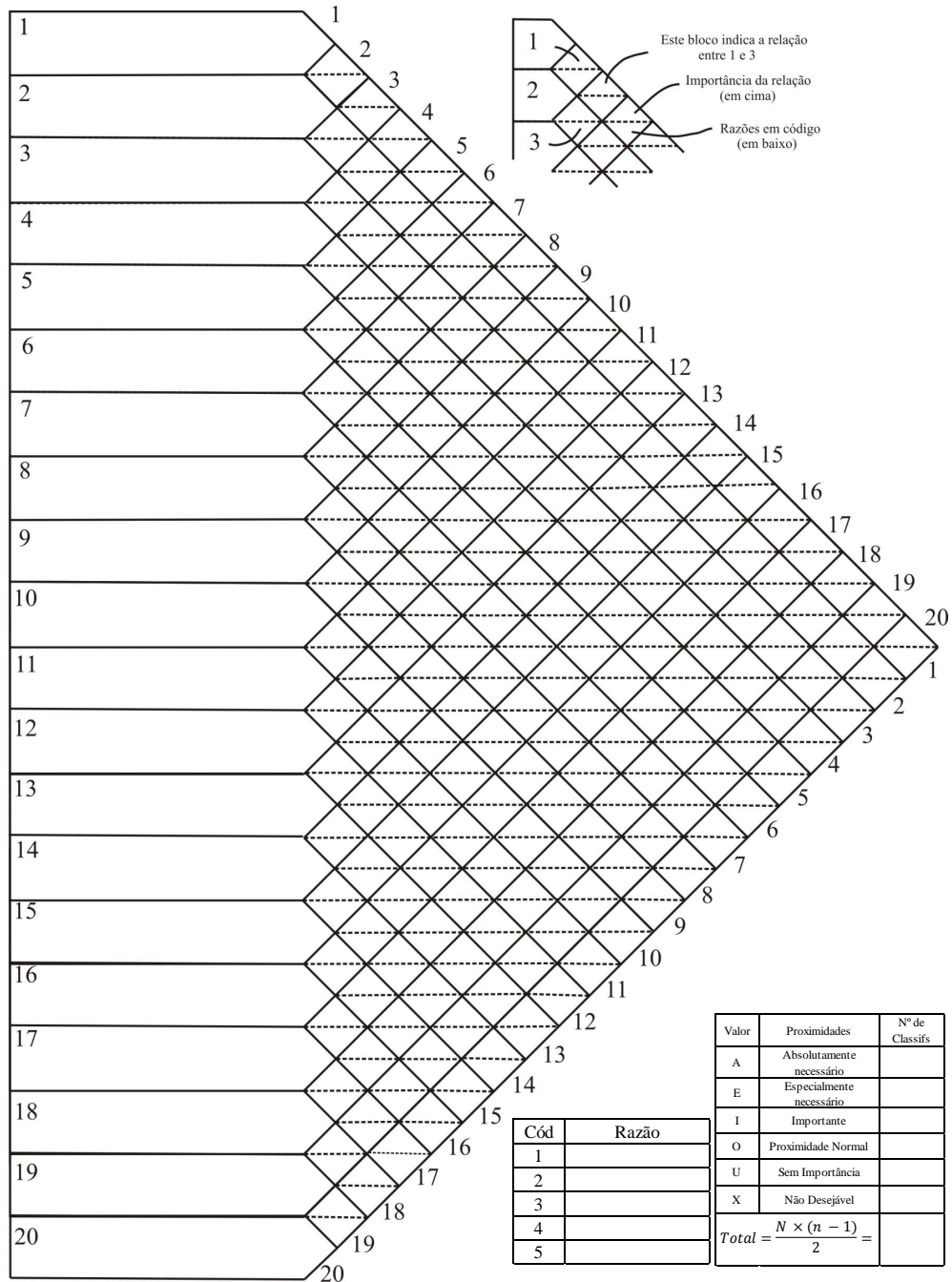


Figura 12 – Diagrama de Relações
 Fonte: Adaptado de Muther (2012)

APÊNDICE A

| Nº | Nome | Área em m² | Características físicas necessárias | | | | | | | | | | Empresa | | | | |
|---------------------------|------|------------|--|---------------------------------|---|----------------------|-------------------------|---------------|---------|--------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|--------|---------|------|--|
| | | | Anotar a unidade e quantidade de cada um | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Altura livre | Carga máxima admissível no teto | Vias de circulação de pessoas e materiais | Carga máxima do piso | Espaço mínimo da coluna | Água e drenos | Tomadas | Perigo de incêndio ou explosão | Ventilação especial | Eletroficação especial | Isolamento acústico | Planta | Projeto | Data | Requisitos necessários para forma ou configuração da área (Espaço) |
| 1 | | Total | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Referências e observações | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 14 – Folha das áreas e características das atividades
 Fonte: Adaptado de Muther (2012)

APÊNDICE A

| AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS | | | | | | |
|--|------|---|---|---|---|------|
| Fábrica/Área: _____ Projeto: _____ Data: _____ | | | | | | |
| Descrição das alternativas: | | | | | | |
| A. _____ | | | | | | |
| B. _____ | | | | | | |
| C. _____ | | | | | | |
| Peso atrib. por _____ Classif. por _____ Calculado por _____ | | | | | | |
| Fator/Consideração | Peso | A | B | C | D | Obs. |
| 1. | | / | / | / | / | |
| 2. | | / | / | / | / | |
| 3. | | / | / | / | / | |
| 4. | | / | / | / | / | |
| 5. | | / | / | / | / | |
| 6. | | / | / | / | / | |
| 7. | | / | / | / | / | |
| 8. | | / | / | / | / | |
| 9. | | / | / | / | / | |
| Totais | | | | | | |
| Obs. | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Figura 16 – Formulário de avaliação de alternativas

Fonte: Adaptado de Muther (2012)

ANEXO A

Tabela 08 – Classificação ABC dos produtos

| PRODUTO | CÓDIGO | DEMANDA BIMESTRAL | % | % Acum | |
|-------------------------------------|--------|-------------------|-------|--------|----------------|
| Porta almofadada simples | 1 | 230 | 29,4% | 29,4% | Itens classe A |
| Janela almofadada com folha dupla | 2 | 130 | 16,6% | 46,0% | |
| Cama de casal colonial | 3 | 70 | 9,0% | 55,0% | |
| Cama de casal Neo | 4 | 63 | 8,1% | 63,0% | |
| Janela simples com folha almofadada | 5 | 25 | 3,2% | 66,2% | |
| Cama de solteiro | 6 | 22 | 2,8% | 69,1% | |
| Janela mexicana com folha dupla | 7 | 20 | 2,6% | 71,6% | Itens classe B |
| Janela com folha mexicana | 8 | 20 | 2,6% | 74,2% | |
| Porta com folha mexicana | 9 | 18 | 2,3% | 76,5% | |
| Rack para tv | 10 | 18 | 2,3% | 78,8% | |
| Cadeira | 11 | 17 | 2,2% | 80,9% | |
| Cadeira | 12 | 15 | 1,9% | 82,9% | |
| Armário de cozinha | 13 | 8 | 1,0% | 83,9% | |
| Escrivaninha | 14 | 8 | 1,0% | 84,9% | |
| Rack para tv | 15 | 7 | 0,9% | 85,8% | |
| Armário de cozinha | 16 | 7 | 0,9% | 86,7% | |
| Cômoda | 17 | 7 | 0,9% | 87,6% | |
| Escrivaninha | 18 | 7 | 0,9% | 88,5% | |
| Mesa de centro | 19 | 6 | 0,8% | 89,3% | Itens classe C |
| Rack para tv | 20 | 6 | 0,8% | 90,0% | |
| Guarda roupa de solteiro | 21 | 6 | 0,8% | 90,8% | |
| Mesa de jantar | 22 | 5 | 0,6% | 91,4% | |
| Cadeira | 23 | 5 | 0,6% | 92,1% | |
| Rack de tv | 24 | 5 | 0,6% | 92,7% | |
| Armário de cozinha | 25 | 5 | 0,6% | 93,4% | |
| Mesa de jantar | 26 | 4 | 0,5% | 93,9% | |
| Mesa de centro | 27 | 4 | 0,5% | 94,4% | |
| Cômoda | 28 | 4 | 0,5% | 94,9% | |
| Guarda roupa de solteiro | 29 | 4 | 0,5% | 95,4% | |
| Escrivaninha | 30 | 4 | 0,5% | 95,9% | |
| Mesa de jantar | 31 | 3 | 0,4% | 96,3% | |
| Cadeira | 32 | 3 | 0,4% | 96,7% | |
| Mesa lateral | 33 | 3 | 0,4% | 97,1% | |
| Mesa de centro | 34 | 3 | 0,4% | 97,4% | |
| Cômoda | 35 | 3 | 0,4% | 97,8% | |
| Guarda roupa de solteiro | 36 | 3 | 0,4% | 98,2% | |
| Guarda roupa casal | 37 | 3 | 0,4% | 98,6% | |
| Balcão | 38 | 2 | 0,3% | 98,8% | |
| Mesa de centro | 39 | 2 | 0,3% | 99,1% | |
| Rack para tv | 40 | 2 | 0,3% | 99,4% | |
| Guarda roupa casal | 41 | 2 | 0,3% | 99,6% | |
| Balcão | 42 | 1 | 0,1% | 99,7% | |
| Balcão | 43 | 1 | 0,1% | 99,9% | |
| Mesa lateral | 44 | 1 | 0,1% | 100,0% | |
| Balcão | 45 | 0 | 0,0% | 100,0% | |
| Cadeira | 46 | 0 | 0,0% | 100,0% | |
| Guarda roupa de casal | 47 | 0 | 0,0% | 100,0% | |
| Guarda roupa de casal | 48 | 0 | 0,0% | 100,0% | |

Fonte: Elaborado pelo autor

ANEXO B

Tabela 09 – Composição dos produtos classe A

| Produto: Porta Almofadada | | | | | | |
|--|------------|--------|------------------|------------|--------|--|
| Item A | | | Item B | | | |
| Folha | | | baterne | | | |
| Componente | Quantidade | Código | Componente | Quantidade | Código | |
| montante lateral | 2 | p1 | montante lateral | 1 | p5 | |
| travessa | 4 | p2 | travessa | 1 | p6 | |
| montante intermediário | 3 | p3 | | | | |
| almofada | 6 | p4 | | | | |
| Produto: Janela almofadada com folha dupla | | | | | | |
| Item A | | | Item B | | | |
| Folha | | | baterne | | | |
| Componente | Quantidade | Código | Componente | Quantidade | Código | |
| montante lateral | 2 | p7 | montante lateral | 1 | p11 | |
| travessa | 5 | p8 | travessa | 1 | p12 | |
| montante intermediário | 3 | p9 | | | | |
| almofada | 6 | p10 | | | | |
| Produto: Janela almofadada com folha dupla | | | | | | |
| Item A | | | Item B | | | |
| Folha | | | baterne | | | |
| Componente | Quantidade | Código | Componente | Quantidade | Código | |
| montante lateral | 2 | p26 | montante lateral | 1 | p30 | |
| travessa | 5 | p27 | travessa | 1 | p31 | |
| montante intermediário | 3 | p28 | | | | |
| almofada | 6 | p29 | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor

ANEXO B

Tabela 10 – Composição dos produtos classe A

| Produto: Cama de casal Neo | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------|--------|-------------------|------------|--------|------------|------------|--------|--------------------|------------|--------|--|
| Item A | | | Item B | | | Item C | | | Item D | | | |
| Espelho | | | Peseira | | | Estrado | | | Lateral | | | |
| Componente | Quantidade | Código | Componente | Quantidade | Código | Componente | Quantidade | Código | Componente | Quantidade | Código | |
| esfera | 2 | p21 | esfera | 2 | p21 | trpa | 13 | p18 | poio para o estrad | 2 | p20 | |
| perna | 2 | p22 | perna | 2 | p22 | viga | 4 | p19 | | | | |
| travessa inferior | 1 | p23 | travessa inferior | 1 | p23 | | | | | | | |
| travessa superior | 1 | p24 | travessa superior | 1 | p24 | | | | | | | |
| vareta | 11 | p25 | vareta | 11 | p25 | | | | | | | |
| Produto: Cama de solteiro | | | | | | | | | | | | |
| Item A | | | Item B | | | Item C | | | Item D | | | |
| Espelho | | | Peseira | | | Estrado | | | Lateral | | | |
| Componente | Quantidade | Código | Componente | Quantidade | Código | Componente | Quantidade | Código | Componente | Quantidade | Código | |
| perna | 2 | p32 | perna | 2 | p32 | trpa | 7 | p18 | poio para o estrad | 2 | p20 | |
| travessa inferior | 1 | p33 | travessa inferior | 1 | p33 | viga | 5 | p19 | | | | |
| travessa superior | 1 | p34 | travessa superior | 1 | p34 | | | | | | | |
| vareta | 5 | p35 | vareta | 5 | p35 | | | | | | | |
| Produto: Cama de casal colonial | | | | | | | | | | | | |
| Item A | | | Item B | | | Item C | | | Item D | | | |
| Espelho | | | Peseira | | | Estrado | | | Lateral | | | |
| Componente | Quantidade | Código | Componente | Quantidade | Código | Componente | Quantidade | Código | Componente | Quantidade | Código | |
| esfera | 2 | p13 | esfera | 2 | p13 | trpa | 26 | p18 | poio para o estrad | 2 | p20 | |
| perna | 2 | p14 | perna | 2 | p14 | viga | 5 | p19 | | | | |
| travessa inferior | 1 | p15 | travessa inferior | 1 | p15 | | | | | | | |
| travessa superior | 1 | p16 | travessa superior | 1 | p16 | | | | | | | |
| vareta | 13 | p17 | vareta | 13 | p17 | | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor

ANEXO C

Tabela 11 – Carta de múltiplos processos do *layout* atual

| Componentes | Fluxo do processo para cada componente → | | | | | | | | | | | | | | Transporte (em metros) | Total percorrido (em metros) |
|-------------------------|--|--------------------|---|------------------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|------------------------|------------------------------|
| | Processamento primário | | ○ | ⇒ | ○ | ⇒ | ○ | ⇒ | ○ | ⇒ | ○ | ⇒ | ○ | ⇒ | | |
| p1 | C | 6 | A | 9,63 | J | 8,31 | B | 15,57 | I | 15,75 | 3 | | | | | 55,26 |
| p2 | C | 6 | A | 9,63 | J | 8,31 | B | 3,6 | D | 15,18 | I | 15,75 | 3 | | | 58,47 |
| p3 | C | 6 | A | 9,63 | J | 8,31 | B | 3,6 | D | 15,18 | I | 15,75 | 3 | | | 58,47 |
| p4 | C | 6 | A | 13,67 | E | 6,024 | J | 8,84 | I | 15,75 | 3 | | | | | 50,284 |
| p5 | C | 6 | A | 12,65 | F | 5,25 | I | 15,75 | 3 | 6,98 | 2 | | | | | 46,63 |
| p6 | C | 6 | A | 12,65 | F | 5,25 | I | 15,75 | 3 | 6,98 | 2 | | | | | 46,63 |
| p7 | C | 6 | A | 9,63 | J | 8,31 | B | 15,57 | I | 15,75 | 3 | | | | | 55,26 |
| p8 | C | 6 | A | 9,63 | J | 8,31 | B | 3,6 | D | 15,18 | I | 15,75 | 3 | | | 58,47 |
| p9 | C | 6 | A | 9,63 | J | 8,31 | B | 3,6 | D | 15,18 | I | 15,75 | 3 | | | 58,47 |
| p10 | C | 6 | A | 9,63 | J | 8,84 | I | 15,75 | 3 | | | | | | | 40,22 |
| p11 | C | 6 | A | 12,65 | F | 5,25 | I | 15,75 | 3 | | | | | | | 39,65 |
| p12 | C | 6 | A | 12,65 | F | 5,25 | I | 15,75 | 3 | | | | | | | 39,65 |
| p13 | C | 6 | A | 4,57 | G | 8,94 | F | 3,12 | E | 19,6 | 3 | | | | | 42,23 |
| p14 | C | 6 | A | 4,57 | G | 8,47 | H | 11,34 | B | 15,57 | I | 15,75 | 3 | | | 61,7 |
| p15 | C | 6 | A | 9,63 | J | 10,72 | D | 16,6 | E | 14,33 | B | 15,57 | I | 15,75 | 3 | 88,6 |
| p16 | C | 6 | A | 9,63 | J | 10,72 | D | 16,6 | E | 14,33 | B | 15,57 | I | 15,75 | 3 | 88,6 |
| p17 | C | 6 | A | 4,57 | G | 8,47 | H | 4 | E | 19,6 | 3 | | | | | 42,64 |
| p18 | C | 6 | A | 12,65 | F | 19 | 3 | | | | | | | | | 37,65 |
| p19 | C | 6 | A | 12,65 | F | 19 | 3 | | | | | | | | | 37,65 |
| p20 | C | 6 | A | 9,63 | J | 6,024 | E | 19,6 | 3 | | | | | | | 41,254 |
| p21 | C | 6 | A | 4,57 | G | 8,47 | H | 4 | E | 19,6 | 3 | | | | | 42,64 |
| p22 | C | 6 | A | 4,57 | G | 8,47 | H | 11,34 | B | 15,57 | I | 15,75 | 3 | | | 61,7 |
| p23 | C | 6 | A | 7,42 | D | 10,72 | J | 6,024 | E | 14,33 | B | 15,57 | I | 15,75 | 3 | 75,814 |
| p24 | C | 6 | A | 7,42 | D | 10,72 | J | 6,024 | E | 14,33 | B | 15,57 | I | 15,75 | 3 | 75,814 |
| p25 | C | 6 | A | 4,57 | G | 8,47 | H | 4 | E | 19,6 | 3 | | | | | 42,64 |
| p26 | C | 6 | A | 8,84 | B | 8,31 | J | 8,84 | I | 15,75 | 3 | | | | | 47,74 |
| p27 | C | 6 | A | 9,63 | J | 8,31 | B | 3,6 | D | 15,18 | I | 15,75 | 3 | | | 58,47 |
| p28 | C | 6 | A | 9,63 | J | 8,31 | B | 3,6 | D | 15,18 | I | 15,75 | 3 | | | 58,47 |
| p29 | C | 6 | A | 9,63 | J | 6,024 | E | 7,92 | I | 15,75 | 3 | | | | | 45,324 |
| p30 | C | 6 | A | 12,65 | F | 5,25 | I | 15,75 | 3 | | | | | | | 39,65 |
| p31 | C | 6 | A | 12,65 | F | 5,25 | I | 15,75 | 3 | | | | | | | 39,65 |
| p32 | C | 6 | A | 4,57 | G | 8,94 | F | 15,25 | B | 15,57 | I | 15,75 | 3 | | | 66,08 |
| p33 | C | 6 | A | 7,42 | D | 10,72 | J | 7,34 | F | 3,12 | E | 7,92 | I | 15,75 | 3 | 58,27 |
| p34 | C | 6 | A | 7,42 | D | 10,72 | J | 7,34 | F | 3,12 | E | 7,92 | I | 15,75 | 3 | 58,27 |
| p35 | C | 6 | A | 12,65 | F | 7,34 | J | 3,59 | H | 10,14 | I | 15,75 | 3 | | | 55,47 |
| Processos | | | | Áreas | | | | | | | | | | | | |
| Plaina despenadeira | A | Serra circular | F | Área de montagem | | 3 | | | | | | | | | | |
| Furadeira | B | Esquadrejadeira | G | | | | | | | | | | | | | |
| Plaina desengrossadeira | C | Tomo de madeira | H | | | | | | | | | | | | | |
| Respigadeira | D | Lixadeira de cinta | I | | | | | | | | | | | | | |
| Serra fita | E | Tupia | J | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor

ANEXO C

Tabela 20 – Carta de múltiplos processos do *layout* proposto

| Componen tes | Fluxo do processo para cada componente | | | | | | | | | | | | | | Transporte (em metros) | Total percorrido (em metros) |
|-------------------------|--|--------------------|---|------------------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|------|------------------------|---------------------------------|
| | Processamento primário | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ○ | ⇒ | ○ | ⇒ | ○ | ⇒ | ○ | ⇒ | ○ | ⇒ | ○ | ⇒ | ○ | ⇒ | | |
| p1 | C | 3 | A | 5,82 | J | 3,26 | B | 5,8 | I | 8,69 | 3 | | | | | 26,57 |
| p2 | C | 2,74 | A | 5,82 | J | 3,26 | B | 4,9 | D | 11,41 | I | 8,69 | 3 | | | 36,82 |
| p3 | C | 2,74 | A | 5,82 | J | 3,26 | B | 4,9 | D | 11,41 | I | 8,69 | 3 | | | 36,82 |
| p4 | C | 2,74 | A | 9,58 | E | 4,5 | J | 6,03 | I | 8,69 | 3 | | | | | 31,54 |
| p5 | C | 2,74 | A | 7,33 | F | 4,65 | I | 10,74 | 3 | | | | | | | 25,46 |
| p6 | C | 2,74 | A | 7,33 | F | 4,65 | I | 10,74 | 3 | | | | | | | 25,46 |
| p7 | C | 2,74 | A | 5,82 | J | 3,26 | B | 5,8 | I | 8,69 | 3 | | | | | 26,31 |
| p8 | C | 2,74 | A | 5,82 | J | 3,26 | B | 4,91 | D | 11,41 | I | 8,69 | 3 | | | 36,83 |
| p9 | C | 2,74 | A | 5,82 | J | 3,26 | B | 4,91 | D | 11,41 | I | 8,69 | 3 | | | 36,83 |
| p10 | C | 2,74 | A | 5,82 | J | 6,03 | I | 8,69 | 3 | | | | | | | 23,28 |
| p11 | C | 2,74 | A | 7,33 | F | 4,65 | I | 10,74 | 3 | | | | | | | 25,46 |
| p12 | C | 2,74 | A | 7,33 | F | 4,65 | I | 10,74 | 3 | | | | | | | 25,46 |
| p13 | C | 2,74 | A | 9,82 | G | 4,93 | F | 3,24 | E | 11,23 | 3 | | | | | 31,96 |
| p14 | C | 2,74 | A | 9,82 | G | 6,23 | H | 13,13 | B | 5,8 | I | 8,69 | 3 | | | 46,41 |
| p15 | C | 2,74 | A | 5,82 | J | 3,24 | D | 3,84 | E | 2,97 | B | 5,8 | I | 8,69 | 3 | 33,1 |
| p16 | C | 2,74 | A | 5,82 | J | 3,24 | D | 3,84 | E | 2,97 | B | 5,8 | I | 8,69 | 3 | 33,1 |
| p17 | C | 2,74 | A | 9,82 | G | 6,23 | H | 8,92 | E | 11,23 | 3 | | | | | 38,94 |
| p18 | C | 2,74 | A | 7,33 | F | 8,96 | 3 | | | | | | | | | 19,03 |
| p19 | C | 2,74 | A | 7,33 | F | 8,96 | 3 | | | | | | | | | 19,03 |
| p20 | C | 2,74 | A | 5,82 | J | 4,5 | E | 11,23 | 3 | | | | | | | 24,29 |
| p21 | C | 2,74 | A | 9,82 | G | 6,23 | H | 8,92 | E | 11,23 | 3 | | | | | 38,94 |
| p22 | C | 2,74 | A | 9,82 | G | 6,23 | H | 13,13 | B | 5,8 | I | 8,69 | 3 | | | 46,41 |
| p23 | C | 2,74 | A | 6,07 | D | 3,24 | J | 4,5 | E | 2,97 | B | 5,8 | I | 8,69 | 3 | 34,01 |
| p24 | C | 2,74 | A | 6,07 | D | 3,24 | J | 4,5 | E | 2,97 | B | 5,8 | I | 8,69 | 3 | 34,01 |
| p25 | C | 2,74 | A | 9,82 | G | 6,23 | H | 8,92 | E | 11,23 | 3 | | | | | 38,94 |
| p26 | C | 2,74 | A | 9,13 | B | 3,26 | J | 6,03 | I | 8,69 | 3 | | | | | 29,85 |
| p27 | C | 2,74 | A | 5,82 | J | 3,26 | B | 4,91 | D | 11,41 | I | 8,69 | 3 | | | 36,83 |
| p28 | C | 2,74 | A | 5,82 | J | 3,26 | B | 4,91 | D | 11,41 | I | 8,69 | 3 | | | 36,83 |
| p29 | C | 2,74 | A | 5,82 | J | 4,5 | E | 8,75 | I | 8,69 | 3 | | | | | 30,5 |
| p30 | C | 2,74 | A | 7,33 | F | 4,65 | I | 10,74 | 3 | | | | | | | 25,46 |
| p31 | C | 2,74 | A | 7,33 | F | 4,65 | I | 10,74 | 3 | | | | | | | 25,46 |
| p32 | C | 2,74 | A | 9,82 | G | 4,93 | F | 16 | B | 5,8 | I | 10,74 | 3 | | | 50,03 |
| p33 | C | 2,74 | A | 6,07 | D | 3,24 | J | 12,81 | F | 3,24 | E | 3,73 | I | 8,69 | 3 | 40,52 |
| p34 | C | 2,74 | A | 6,07 | D | 3,24 | J | 12,81 | F | 3,24 | E | 3,73 | I | 8,69 | 3 | 40,52 |
| p35 | C | 2,74 | A | 7,33 | F | 12,81 | J | 10 | H | 13,15 | I | 10,74 | 3 | | | 56,77 |
| Processos | | | | Áreas | | | | | | | | | | | | |
| Plaina desempenadeira | A | Serra circular | F | Área de montagem | 3 | | | | | | | | | | | |
| Furadeira | B | Esquadrejadeira | G | | | | | | | | | | | | | |
| Plaina desengrossadeira | C | Tomo de madeira | H | | | | | | | | | | | | | |
| Respigadeira | D | Lixadeira de cinta | I | | | | | | | | | | | | | |
| Serra fita | E | Tupia | J | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor

ANEXO D

Tabela 12 – Matriz de incidências inicial (A)

| Matrizes/Componentes | p1 | p2 | p3 | p4 | p5 | p6 | p7 | p8 | p9 | p10 | p11 | p12 | p13 | p14 | p15 | p16 | p17 | p18 | p19 | p20 | p21 | p22 | p23 | p24 | p25 | p26 | p27 | p28 | p29 | p30 | p31 | p32 | p33 | p34 | p35 | |
|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 5 | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | 1 | 1 | | | | | | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | | | | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Fonte: Elaborado pelo autor

ANEXO D

Tabela 16 – Sumário dos resultados do estágio 2

| Fase 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| V=1 | p1 | p2 | p3 | p4 | p5 | p6 | p7 | p8 | p9 | p10 | p11 | p12 | p13 | p14 | p15 | p16 | p17 | p18 | p19 | p20 | p21 | p22 | p23 | p24 | p25 | p26 | p27 | p28 | p29 | p30 | p31 | p32 | p33 | p34 | p35 | | |
| SEQ1 | 3 | 4 | 4 | 3 | 1 | 1 | 3 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 | 5 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | 5 | 5 | 1 | 3 | 4 | 4 | 3 | 1 | 1 | 2 | 5 | 5 | 2 | | |
| SEQ2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | | |
| SEQ1>SEQ2 | X | X | X | X | | | X | X | X | X | | | | | X | X | | | X | | | X | X | | X | X | X | X | | | | | X | X | | | |
| Coluna | p1 | p2 | p3 | p4 | | | p7 | p8 | p9 | p10 | | | | | p15 | p16 | | | | p20 | | | p23 | p24 | | p26 | p27 | p28 | p29 | | | | p33 | p34 | | | |
| Fase 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| V=6 | p5 | p6 | | | | | | | | | p11 | p12 | p13 | p14 | | | p17 | p18 | p19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SEQ1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | |
| SEQ2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| SEQ1>SEQ2 | X | X | | | | | | | | | X | X | X | X | | | X | X | X | | | | | | X | | | | | | | | | | | | |
| Coluna | p5 | p6 | | | | | | | | | p11 | p12 | p13 | p14 | | | p17 | p18 | p19 | | | | | | p25 | | | | | | | | | p30 | p31 | p32 | p35 |
| | | | | | | | | | | | p11 | p12 | p13 | p14 | | | p17 | p18 | p19 | | | | | | p25 | | | | | | | | | p30 | p31 | p32 | p35 |

Fonte: Elaborado pelo autor

ANEXO D

Tabela 17 – Reorganização final da matriz de incidência com identificação de células resultantes

| Maquins/Componentes | p1 | p2 | p3 | p4 | p7 | p8 | p9 | p10 | p15 | p16 | p20 | p23 | p24 | p26 | p27 | p28 | p29 | p33 | p34 | p5 | p6 | p11 | p12 | p13 | p14 | p17 | p18 | p19 | p21 | p22 | p25 | p30 | p31 | p32 | p35 |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | 1 | |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | |
| 4 | | 1 | 1 | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| 5 | | | | 1 | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | (1) | (1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor

ANEXO D

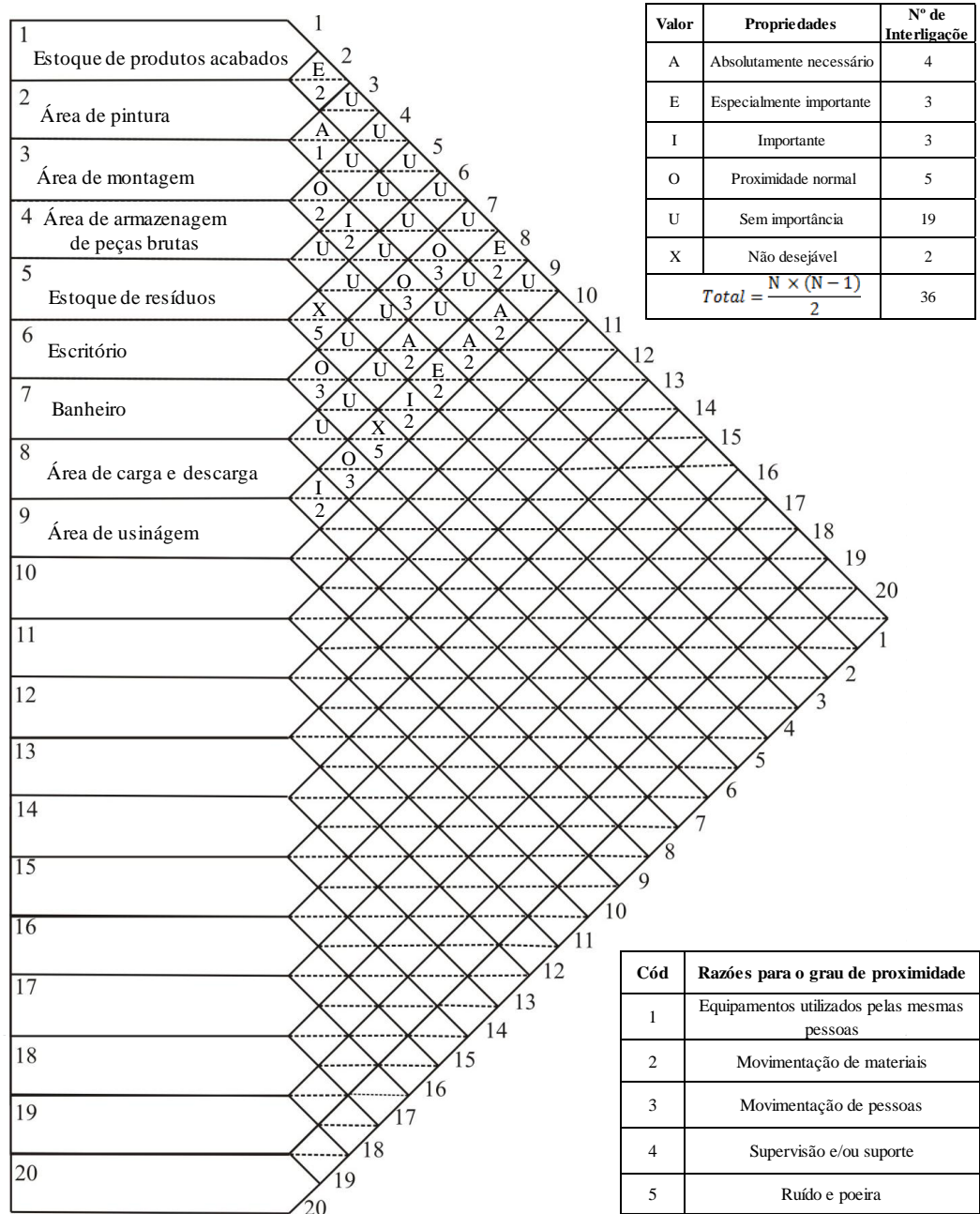
Tabela 18 – Matriz final após o ajuste manual

| Maquinas/Componentes | p1 | p2 | p3 | p4 | p7 | p8 | p9 | p10 | p15 | p16 | p20 | p23 | p24 | p26 | p27 | p28 | p29 | p33 | p34 | p5 | p6 | p11 | p12 | p13 | p14 | p17 | p18 | p19 | p21 | p22 | p25 | p30 | p31 | p32 | p35 |
|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | |
| 4 | | 1 | 1 | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 5 | | | | 1 | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | (1) | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor

ANEXO E

Figura 22 – Diagrama de Relações



Fonte: Elaborado pelo autor

ANEXO E

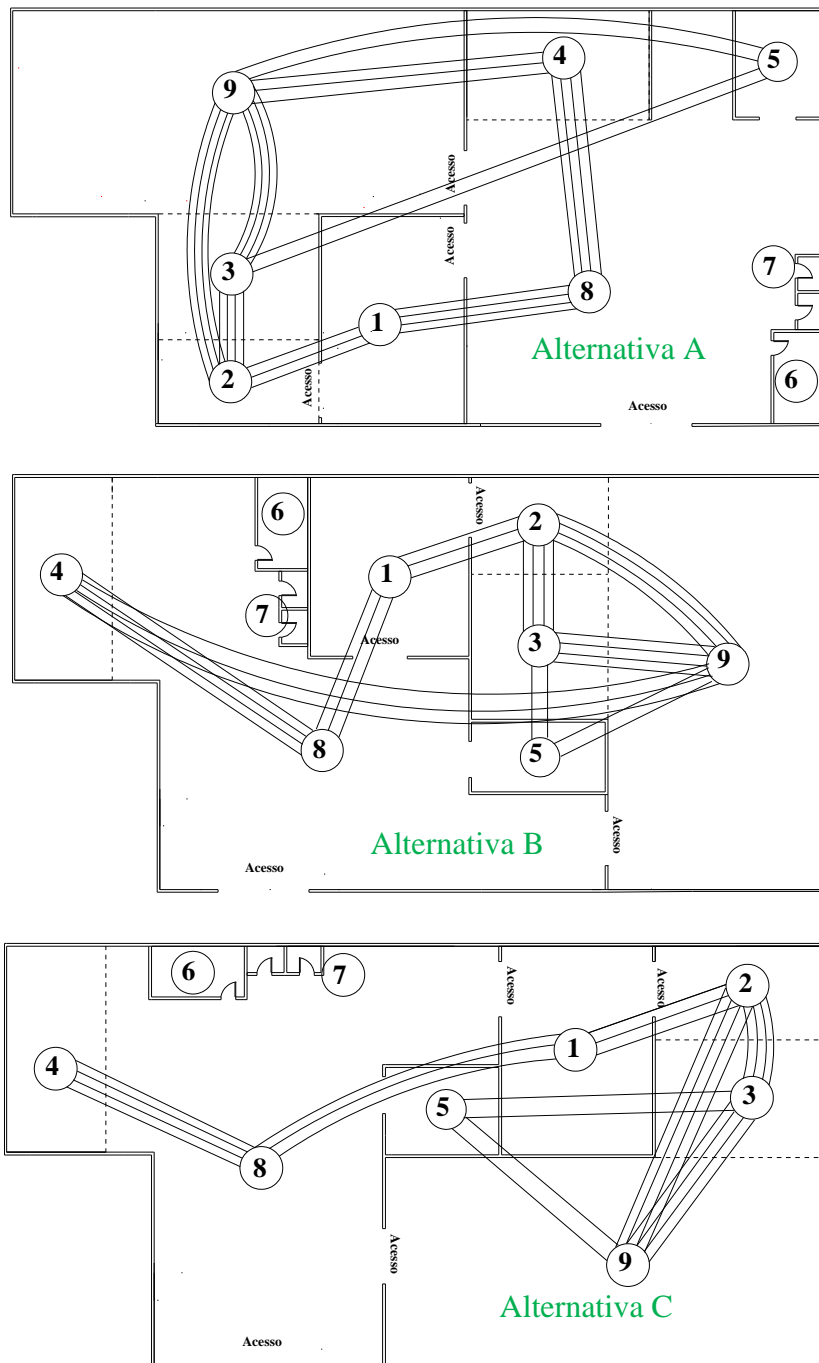
Figura 23 – Folha das áreas e características das atividades

| Nº | Nome | Área em m² | Anote a unidade e quantidade de cada um | Características físicas necessárias | | | | | | | | | | Anote os requisitos necessários para a forma ou configuração e consequentemente as razões | | | | | |
|-------------------------|--|------------|---|-------------------------------------|---------------------------------|---|---------------|---------|--------------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|--|---|--|--|--|--|--|
| | | | | Altura livre | Carga máxima admissível no teto | Vias de circulação de pessoas e materiais | Água e drenos | Tomadas | Perigo de incêndio ou explosão | Ventilação especial | Eletificação especial | Proteção contra ruídos | | | | | | | |
| 1 | Área de armazenagem de produtos acabados | 90 | 4 | 0 | * | O | O | I | * | * | | | | | | | | | |
| 2 | Sector de pintura | 40 | 4 | 1 | E | E | I | E | E | A | | | | | | | | | |
| 3 | Sector de montagem | 60 | 4 | 1 | * | A | I | E | E | A | | | | | | | | | |
| 4 | Área de armazenagem de peças brutas | 60 | 4 | 0 | * | * | * | O | * | * | | | | | | | | | |
| 5 | Estoque de resíduos | 30 | 3 | 0 | * | I | O | O | * | * | | | | | | | | | |
| 6 | Escritório | 15 | 3 | 0 | O | E | O | E | O | E | | | | | | | | | |
| 7 | Banheiro | 4 | 3 | 0 | A | I | * | O | O | O | | | | | | | | | |
| 8 | Área de carga e descarga | 100 | 5 | 0 | O | O | * | * | * | * | | | | | | | | | |
| 9 | Sector de usinagem | 270 | 4 | 1 | O | A | I | E | A | A | | | | | | | | | |
| Sub-atividades ou áreas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total | | 669 | m | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor

ANEXO E

Figura 25 – Alternativas propostas de layout



Fonte: Elaborado pelo autor

ANEXO E

Tabela 21 – Cruzamentos entre operações por componente

| Componentes | Cruzamentos | |
|--------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | Layout celular (Projetado) | Layout por processo (Atual) |
| p1 | 0 | 2 |
| p2 | 1 | 2 |
| p3 | 1 | 2 |
| p4 | 0 | 2 |
| p5 | 0 | 1 |
| p6 | 0 | 1 |
| p7 | 0 | 2 |
| p8 | 1 | 2 |
| p9 | 1 | 2 |
| p10 | 0 | 1 |
| p11 | 0 | 1 |
| p12 | 0 | 1 |
| p13 | 0 | 1 |
| p14 | 0 | 2 |
| p15 | 0 | 3 |
| p16 | 0 | 3 |
| p17 | 1 | 1 |
| p18 | 0 | 1 |
| p19 | 0 | 1 |
| p20 | 0 | 1 |
| p21 | 1 | 1 |
| p22 | 0 | 2 |
| p23 | 0 | 3 |
| p24 | 0 | 3 |
| p25 | 0 | 1 |
| p26 | 1 | 1 |
| p27 | 1 | 2 |
| p28 | 1 | 2 |
| p29 | 0 | 1 |
| p30 | 0 | 1 |
| p31 | 0 | 1 |
| p32 | 1 | 3 |
| p33 | 1 | 2 |
| p34 | 1 | 2 |
| p35 | 2 | 2 |
| Total | 14 | 59 |

Fonte: Elaborado pelo autor