

*UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*

ANA PAULA LISTA

**Lean plant design:
Um estudo de caso
aplicado à indústria têxtil**

*SÃO CARLOS
2017*

ANA PAULA LISTA

**Lean plant design:
Um estudo de caso
aplicado à indústria têxtil**

Versão Original

*Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola de Engenharia de
São Carlos da Universidade de São Paulo
para a obtenção do título de Engenheira
de Produção Mecânica.*

Orientador: Prof. Dr. Kleber Francisco Esposto

SÃO CARLOS
2017

RESUMO

No mercado moderno, caracterizado pela acirrada competitividade empresarial, a filosofia enxuta vem se mostrando uma excelente estratégia a qual contribui para que empresas consigam adaptar sua cadeia de valor às expectativas dos clientes através de melhorias contínuas (como aumento de flexibilidade, redução de custos e eliminação de desperdícios). Para as corporações que buscam se destacar utilizando essa linha de pensamento, se tornou fundamental desenvolver um layout adequado à estratégia escolhida, uma vez que o arranjo físico tem grande influência sobre o andamento das atividades, o nível de perdas e a eficácia das operações. O presente trabalho busca estudar as melhorias obtidas em arranjos físicos desenvolvidos a partir de conceitos e práticas de manufatura enxuta. A estrutura da monografia é composta por duas partes. Inicialmente, foi realizado uma revisão da literatura com enfoque na filosofia enxuta (Lean Manufacturing) e em conceitos de layout de fábrica. Em seguida, foi estudado a aplicação prática, através da apresentação de um projeto de desenvolvimento de arranjo físico lean baseado na metodologia DMAIC para uma empresa indiana do ramo têxtil. Como o trabalho em questão não incluiu a fase de implementação, ainda não se pode afirmar sobre os resultados alcançados com o novo layout. No entanto, pode-se mencionar os ganhos esperados num momento futuro após a implementação da solução proposta, tais como: redução em custos com transporte e movimentações, eliminação de crescimento orgânico, eliminação de desperdícios com movimentações desnecessárias, redução de gastos com adaptações no arranjo, e melhor aceitação da nova cultura organizacional.

Palavras-chave: Manufatura enxuta; Layout; Metodologia DMAIC.

ABSTRACT

In the modern market, characterized by strong business competitiveness, lean philosophy has proven to be an excellent strategy which helps companies to adapt their value chain to customer expectations, through continuous improvements (like gains in flexibility, costs reduction and waste elimination). For corporations that seek to excel other companies using this line of thinking, it became necessary to develop a layout according to the chosen strategy, since a physical arrangement has a great influence on the progress of activities, on the level of losses and on the operations effectiveness. The present work seeks to study the improvements obtained in physical arrangements developed from concepts and practices of lean manufacturing. The monography structure is composed of two parts. Initially, a literature review focusing on Lean Manufacturing and on factory layout concepts will be carried out. Next, a practical application will be studied through the presentation of a lean physical arrangement development project based on DMAIC methodology for an Indian textile company. As this work did not include the implementation phase, it is not possible to comment about the results achieved with the new layout. However, it can be mentioned the expected gains at a future moment after the implementation, like: reduction in handling costs, elimination of organic growth, elimination of waste with unnecessary movements, less adjustments in the arrangement, and better acceptance of the new organizational culture.

Keywords: Lean manufacturing; Layout; DMAIC Methodology

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Enfoque da Produção Enxuta e Tradicional	9
Figura 2- Significado do 5S	14
Figura 3- Produção em Lotes <i>versus</i> Produção em Fluxo	15
Figura 4- Mapa de Fluxo de Valor da Situação Atual.....	17
Figura 5- Mapa de Fluxo de Valor da Situação Futura	18
Figura 6- Ilustração de um exemplo de layout funcional.....	23
Figura 7- Ilustração de um exemplo de layout funcional.....	24
Figura 8- Ilustração de um exemplo de layout em linha.....	25
Figura 9- Matriz de Família de Produtos (ROTHER; SHOOK, 2013).....	27
Figura 10- Representação Layout Celular em formato U.....	29
Figura 11- Diagrama de Relacionamentos.....	32
Figura 12- Cronograma do projeto	40
Figura 13- Instalação da planta nova	42
Figura 14- Instalação de uma das plantas da empresa cliente	43
Figura 15- MFV Atual: versão macro	45
Figura 16- Esboço do layout atual.....	47
Figura 17 - Esboço diagrama spaghetti atual.....	48
Figura 18- Fases do desenvolvimento de layout.....	50
Figura 19 - Matriz de correlação de atividades	52
Figura 20- Proposta A-6 (fases 1 e 2)	54
Figura 21- Proposta A-6 (fluxo de materiais)	55
Figura 22- Proposta A-6 (expansão)	56
Figura 23- Proposta B-9 (fases 1 e 2)	57
Figura 24- Proposta B-9 (fluxo de materiais)	58
Figura 25- Proposta B-9 (expansão)	59
Figura 26: Proposta B-10 (fases 1 e 2)	61
Figura 27- Proposta B-10 (fluxo de materiais)	62
Figura 28- Proposta B-10 (expansão)	63
Figura 29- Representação do ponto Bhamastal.....	64
Figura 30- Proposta B-11 (fases 1 e 2).....	65
Figura 31 - Proposta B-11 (expansão).....	66
Figura 32- Alternativas para armazenamento de rolos	68
Figura 33- Resumo das propostas de transporte e armazenamento.....	69
Figura 34- Proposta de descarregamento de PP.....	71
Figura 35- Proposta de micro layout mezanino.....	73
Figura 36- Proposta de micro layout extrusora e estoque de fitas.....	74
Figura 37- Proposta de micro layout MFY, TFO e reprocesso.....	75
Figura 38- Proposta de micro layout tear de fita	77
Figura 39- Proposta de micro layout de tear circular	79
Figura 40- Proposta de micro layout laminação, corte, estoque de rolos, tear plano e carregamento	81

Figura 41- Proposta de micro layout final..... 83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensão spaghetti atual.....	49
Tabela 2 - Dimensão do fluxo de materiais do diagrama spaghetti futuro	84

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Vantagens e desvantagens da manufatura celular	27
Quadro 2- Identificação de famílias de produto	39
Quadro 3- Atividades da fase "Medir"	40
Quadro 4 - Alternativas para armazenamento de bobinas.....	69
Quadro 5- Divisão de micro layouts	70

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Contextualização	1
1.2 Estrutura do trabalho	2
2. OBJETIVOS	3
3. REVISÃO DA LITERATURA	4
3.1 Produção Enxuta	4
3.1.1 O Nascimento do Pensamento Enxuto	4
3.1.2 Definição de Produção Enxuta	4
3.1.3 Os Cinco Princípios da Produção Enxuta	5
3.1.4 Conceitos da Produção Enxuta	7
3.1.5 Os Sete tipos de Desperdícios	10
3.1.6 Práticas relacionadas ao Lean	12
3.1.6.1 5S	12
3.1.6.2 Fluxo Contínuo	14
3.1.6.3 Mapeamento de Fluxo de Valor	15
3.1.6.4 Filosofia Kaizen	18
3.2 Arranjo Físico	19
3.2.1 Definição	19
3.2.2 Importância do layout	20
3.2.3 Modificações no arranjo físico	20
3.2.4 Características de um bom layout	21
3.2.5 Arranjos Físicos Tradicionais	22
3.2.6 Benefícios de um bom layout	29
3.2.7 Fatores relevantes na elaboração do layout	31
3.2.8 Diagrama de relacionamentos	31
3.3 Lean Plant Design	32
4. METODOLOGIA	34
5. ESTUDO DE CASO	37
5.1 Apresentação da Empresa Consultora	37
5.2 Apresentação da Empresa Cliente	38

5.3 Aplicação da Metodologia	39
5.3.1 Definir escopo	39
5.3.2 Medir situação atual	40
5.3.3 Analisar situação atual e planejar situação futura	50
5.4 Análise crítica dos resultados	84
6. CONCLUSÕES FINAIS	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho traz os resultados de uma pesquisa para a conclusão do curso de Engenharia de Produção Mecânica da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

1.1 Contextualização

Em meio à alta competitividade empresarial do mercado moderno, é imprescindível que as organizações busquem novas estratégias para alcançar as expectativas dos consumidores e garantir sua sobrevivência frente aos concorrentes.

Dentre as estratégias escolhidas pelos empreendimentos, grande parte reúne esforços visando aumentar a flexibilidade, a qualidade e a responsividade do sistema produtivo. Nesse cenário, a filosofia enxuta vem se mostrando uma excelente estratégia, a qual contribui para que empresas consigam adaptar sua cadeia de valor às expectativas dos clientes, através da prática de melhorias contínuas.

Para as corporações que buscam se destacar utilizando essa linha de pensamento, se tornou fundamental desenvolver um layout adequado à estratégia escolhida, uma vez que o arranjo físico tem grande influência sobre o andamento das atividades, o nível de perdas e a eficácia das operações.

Um bom layout é uma tarefa importante e necessária, pois quando o mesmo não se encontra em sua melhor forma, isto é, quando o layout apresenta falhas, pode-se notar a presença de alguns problemas nas operações da organização, tais como: fluxos complexos e confusos, lead time longos, filas e esperas, falta de flexibilidade, imprevistos, e custos associados (SLACK et al., 2009).

Sendo assim, este trabalho busca estudar as melhorias obtidas em arranjos físicos desenvolvidos a partir de conceitos e práticas de manufatura enxuta.

1.2 Estrutura do trabalho

A estrutura deste trabalho é composta por duas partes. Inicialmente, será realizada uma revisão da literatura com enfoque na filosofia enxuta (Lean Manufacturing) e em conceitos de layout de fábrica. Em seguida, será estudado a aplicação prática, através da apresentação de um projeto de desenvolvimento de arranjo físico lean para uma empresa indiana do ramo têxtil.

2. OBJETIVOS

O objetivo desse projeto é desenvolver um layout de fábrica para uma nova instalação produtiva de uma empresa indiana produtora de sacarias de ráfia (Big Bags), considerando as melhores práticas e metodologias de Lean Plant Design.

As contribuições esperadas com esse projeto são:

- Redução nos custos de transporte;
- Simplificação da gestão de produção;
- Eliminação de desperdícios gerados em projetos de layout com falhas em logística e manuseio de materiais;
- Redução de investimentos destinados às adaptações no sistema produtivo;
- Eliminação de crescimento orgânico (na proposta de layout serão estudadas áreas destinadas a expansões).

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 *Produção Enxuta*

3.1.1 O Nascimento do Pensamento Enxuto

O nascimento do pensamento enxuto foi introduzido pelos japoneses ao final do século XX. Nessa época, o engenheiro-chefe da empresa Toyota, Taiichi Ohno, visitou as fábricas automobilísticas norte-americanas da Ford, e percebeu que o sistema de produção norte-americano, em sua forma original, não era adequado ao Japão. O mercado americano era volumoso e estava disposto a comprar o único modelo de veículo oferecido pela Ford (Modelo T), enquanto que o mercado japonês era pequeno e exigia uma variedade de veículos para atender as necessidades locais (WOMACK; JONES, 1990).

Além do problema de divergência nos modelos requisitados pelos clientes, havia a condição fragilizada que se encontrava a economia do país. O Japão enfrentava a crise econômica oriunda do pós-guerra. As indústrias locais se esbarravam no desafio de gerenciar os negócios com um orçamento apertado, cenário diferente do encontrado nos Estados Unidos. Por essas razões, Taiichi Ohno compreendeu que a melhor forma de alavancar as indústrias automobilísticas japonesas seria adaptar o sistema produtivo norte-americano para a criação de um modelo que se adequasse à realidade japonesa (WOMACK; JONES, 1990)

3.1.2 Definição de Produção Enxuta

Nas fábricas japonesas passou-se a adotar uma nova cultura de eliminação de desperdícios para minimizar os custos do sistema produtivo, de modo que os investimentos necessários à produção fossem o menor possível, tornando-se acessível

ao bolso do empresário japonês. As iniciativas necessárias para reduzir desperdícios desencadeavam melhorias na qualidade dos produtos e serviços, permitindo às indústrias japonesas maior competitividade frente à concorrência (WOMACK; JONES, 1990).

Nas indústrias, buscava-se a utilização de uma estratégia de produção baseada nos pedidos dos clientes e não mais vinculadas às previsões de encomenda, a fim de minimizar as perdas decorrentes da imprecisão do método utilizado para estimar a demanda. Assim, criava-se uma nova filosofia, onde a produção era baseada no melhor uso dos recursos disponíveis. Produzia-se na quantidade certa e no momento certo, conforme as especificações dos clientes. Tal filosofia ficou conhecida como Sistema de Produção Enxuta (QUITÉRIO, 2010).

Os avanços alcançados com essa cultura foram tão surpreendentes a ponto de serem divulgados num estudo, designado como a “A máquina que mudou o mundo”, voltado para a indústria automobilística do Massachusetts Institute of Technology (MIT), onde o conceito de produção enxuta foi explorado para justificar a superioridade japonesa no mercado competitivo após adoção das práticas de redução de desperdício (LUSTOSA et al., 2008)

3.1.3 Os Cinco Princípios da Produção Enxuta

A produção enxuta, uma iniciativa adotada pelos japoneses como forma de superar os desafios da economia no pós-guerra, foi tão eficiente no contexto oriental que após alguns anos o Japão já se encontrava em posições de destaque no mercado. Nessa época, as indústrias ocidentais, surpresas com o renascimento japonês acelerado, ficaram curiosas sobre as técnicas adotadas nas empresas orientais, e iniciaram visitas à Ásia para conhecer as razões de um crescimento tão rápido.

Foi através do sucesso da recuperação japonesa que o conceito da produção enxuta foi disseminado ao redor do mundo sob a forma de cinco princípios, descritos por Womack e Jones (1996):

- ***Identificar Valor***

O ponto de partida para a aplicação da mentalidade enxuta é identificar aquilo que é considerado valor para o cliente. Busca-se entender quais as necessidades reais do consumidor, se atentando para os atributos do produto ou serviço que o comprador espera receber; ou algum atributo inesperado, mas que poderia superar suas expectativas; ou ainda algo que poderia desagradá-lo.

Esse princípio demonstra o quão importante é olhar para o usuário que vai efetuar a compra, pois ao final de uma jornada de esforços para finalizar a produção de um bem ou serviço é ele o responsável pela aprovação final do mesmo.

- ***Identificar o Fluxo de Valor***

O segundo passo consiste em identificar o fluxo de valor. Após definido aquilo que é importante para o cliente, deve-se buscar conhecer toda a cadeia produtiva necessária para gerar o bem ou serviço, incluindo as etapas de compra de matéria-prima até o momento em que o mesmo se encontra nas mãos do consumidor.

Dentre as etapas levantadas, deve-se determinar quais delas realmente agregam valor para o cliente, conhecer aquelas que não agregam valor mas são importantes para a manutenção dos processos, e por fim, estabelecer aquelas que não agregam nenhum tipo de valor e devem ser eliminadas da cadeia.

- ***Realizar Fluxo Contínuo***

O próximo passo é fazer fluir o fluxo identificado no princípio anterior. Busca-se dar fluidez aos processos da cadeia produtiva a fim de manter apenas as atividades que agregam valor ou aquelas que são importantes para dar continuidade à produção.

Fazendo fluxo contínuo, os processos de fabricação são aproximados em uma sequência pré-determinada, onde cada indivíduo é responsável pelo seu posto de

trabalho. A utilização de fluxo contínuo permite melhorias na comunicação interna da empresa, facilita a identificação e correção de erros na produção, e também minimiza o acúmulo de estoques (evidenciados na manufatura departamentalizada).

- ***Aplicar Sistema de Produção Puxado***

Este princípio deve ser aplicado como uma alternativa secundária ao princípio anterior. Quando não for possível aplicar o fluxo contínuo na cadeia produtiva, o “*Lean*” defende a utilização da lógica puxada, isto é, uma estratégia de produção onde o cliente dita as ordens para a manufatura.

Assim, ao liberar um pedido, toda a cadeia produtiva é ativada para produzir na quantidade exata e no momento apropriado. Com isso, evita-se empilhar produtos acabados que precisam ser desovados aos clientes através de promoções, como geralmente acontece em sistemas empurrados.

- ***Buscar a Perfeição***

O último princípio da Produção Enxuta é o fator que garante a continuidade dessa filosofia. Os participantes da cadeia produtiva devem buscar adquirir novos conhecimentos para aprimorar seu trabalho, tornando-o cada vez melhor, e mais próximo do modelo ideal. Busca-se as alternativas mais adequadas para gerar valor ao cliente. Uma equipe comprometida e engajada com a nova cultura é essencial para garantir o sucesso dessa estratégia. A transparência também é importante para permitir o alinhamento de todos os membros com a estratégia do negócio.

3.1.4 Conceitos da Produção Enxuta

A ideia por trás da filosofia do Lean é saber diferenciar aquilo que pode gerar valor daquilo que é considerado desperdício. O estudo da cadeia de produção permite

identificar as atividades que agregam valor, e as atividades que não agregam valor, a fim de eliminá-las do processo produtivo. Hines e Taylor (2000) classificam as atividades envolvidas nos processos produtivos em três categorias:

- ***Atividades que agregam valor (AV)***

Atividades que tornam o produto ou serviço mais valioso sob a perspectiva do cliente. Exemplo: processo de transformação do minério de ferro para obtenção do aço.

- ***Atividades que não agregam valor, mas são necessárias***

Atividades que não tornam o produto ou serviço mais valioso sob a perspectiva do cliente, mas são necessárias para a fabricação do mesmo nas atuais circunstâncias da cadeia produtiva. Exemplo: processo de inspeção do produto para verificar se ele se encontra dentro das especificações estabelecidas.

- ***Atividades que não agregam valor (NAV)***

Atividades que não tornam o produto ou serviço mais valioso sob a perspectiva do cliente e nem são necessárias para a fabricação do mesmo nas atuais circunstâncias. Essas atividades são consideradas desperdícios e devem ser eliminadas o quanto antes da cadeia produtiva. Exemplo: processo de movimentação dentro de uma fábrica.

Hines e Taylor (2000) também afirmam que no ambiente fabril (no caso de empresas de manufatura e logística não *world class*), o tempo gasto na cadeia produtiva para essas três atividades é distribuída de acordo com a seguinte proporção:

- 5% atividades que agregam valor
- 35% atividades que não agregam valor, mas são necessárias
- 60% atividades que não agregam valor

Essa distribuição sugere que as empresas ainda podem realizar diversas melhorias em suas instalações para reduzir os desperdícios.

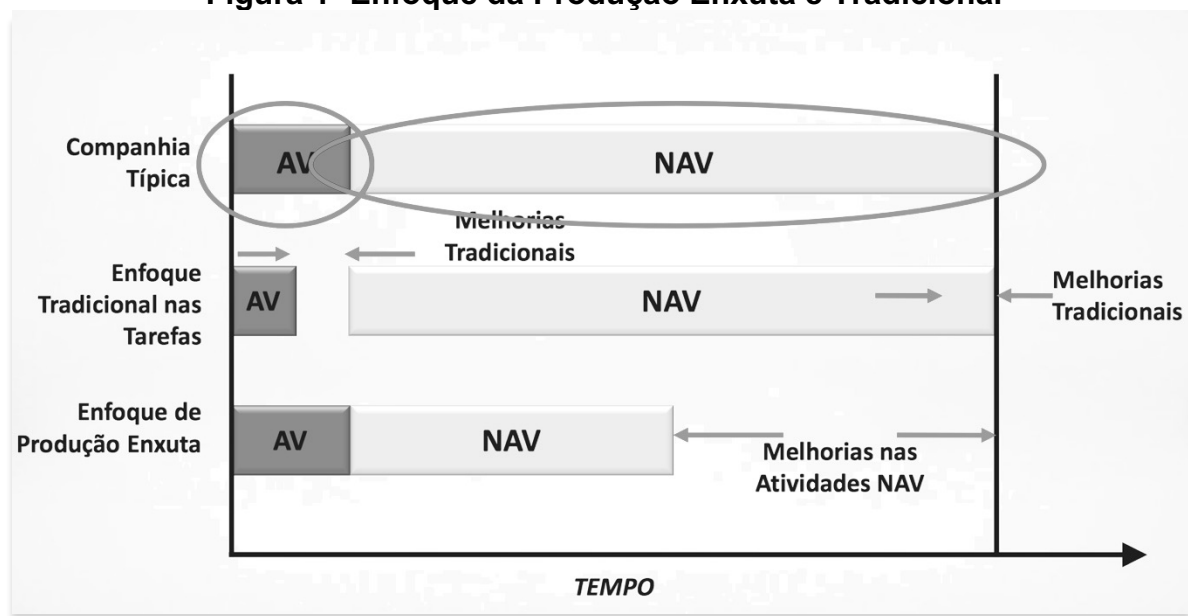
A abordagem tradicional de melhoria utilizada pelas organizações busca direcionar esforços para eliminação de perdas somente em atividades que agregam valor. No entanto, Hines e Taylor (2000) mostram em seu estudo que essas atividades correspondem a uma parcela ínfima de desperdício gerado.

Tal fato revela a dificuldade para encontrar pontos de melhorias nesse tipo de atividade que já se encontra próximo do seu estado ideal. Assim, os enfoques das companhias tradicionais acabam resultando em um cenário praticamente igual ao seu estado inicial.

Diferentemente da abordagem anterior, a produção enxuta reúne esforços para estudar possíveis melhorias em atividades que não agregam valor na cadeia produtiva, já que elas são responsáveis pela maior parcela de desperdícios gerados.

A Figura 1 ilustra os esforços para eliminação de perdas nas duas abordagens mencionadas bem como as melhorias alcançadas.

Figura 1- Enfoque da Produção Enxuta e Tradicional



Fonte: Adaptado de Hines & Taylor, 2000

3.1.5 Os Sete tipos de Desperdícios

Segundo Ohno (1997), o primeiro passo para a implementação do Sistema Toyota de Produção é identificar os desperdícios que podem ocorrer na cadeia produtiva, considerando sete possíveis categorias de desperdícios:

- ***Superprodução***

Este desperdício pode ser ocasionado em duas circunstâncias: quando ocorrem erros quantitativos (produz numa quantidade maior que o necessário), ou quando ocorrem erros antecipatórios (produz antes do momento apropriado). Sob as duas condições, o montante de produto acabado é maior do que a demanda do cliente.

Normalmente, os problemas associados à superprodução envolvem os gastos para gerenciar estoques elevados, gastos para aumentar a capacidade produtiva, e gastos decorrentes das perdas de produtos que atingiram a data de validade.

Com o advento de novas tecnologias (SMED-Single Minute Exchange of Die) foi possível reduzir os tamanhos dos lotes da manufatura e assim, não é mais necessário trabalhar em níveis elevados de superprodução como forma de garantir a disponibilidade dos produtos para a venda (SHINGO,1996).

- ***Espera***

Longos períodos de inatividade de pessoas, equipamentos e materiais ocasionados por diversas possibilidades: falta de disponibilidade de recursos, avarias em máquinas, atrasos no fluxo produtivo, e layout ineficiente. A espera acrescenta um tempo desnecessário que acaba aumentando o lead time de produção. (OHNO, 1997)

Um arranjo físico distribuído através de fluxos contínuos, onde as linhas de produção são balanceadas e as pessoas trabalham em ritmo similares, permite a eliminação de acúmulos de materiais ocasionados durante a espera para a finalização de lotes (SHINGO,1996).

- ***Transporte***

Movimentação excessiva de pessoas, informações ou materiais, resultando num fluxo deficitário e longos lead times (HINES; TAYLOR, 2000). É possível desenvolver layouts que eliminam fluxos longos do sistema produtivo (SHINGO,1996).

- ***Processamento desnecessário***

As atividades são realizadas com ferramentas, equipamentos ou procedimentos inadequados sendo que poderiam ser executados de forma mais simples. Esse desperdício aparece geralmente quando as especificações do pedido do cliente não ficaram bem claras, ou quando o operador não compreendeu de forma correta as instruções fornecidas, ou ainda quando se atinge um nível de qualidade maior que o necessário (OHNO, 1997; HINES; TAYLOR, 2000). Quando o processamento desnecessário aparece, recomenda-se a revisão dos métodos utilizados e dos padrões de trabalho (SHINGO,1996).

- ***Estoque***

Surge quando o nível de produtos acabados ou semiacabados se encontra num patamar superior ao demandado pelos clientes. Esse desperdício representa gastos para alocação desses materiais, gastos para manuseio e transporte, e gastos com perdas se ultrapassarem a data de validade (HINES; TAYLOR, 2000).

- ***Movimentação***

Movimentações que não agregam valor ao produto, são decorrentes de uma organização deficiente no ambiente de trabalho, ou do posicionamento incorreto dos equipamentos, ou ainda de práticas de trabalho inapropriadas (HINES; TAYLOR, 2000).

- ***Defeitos***

Defeitos surgem quando o material processado (na forma de produto acabado ou não acabado) se encontra num nível de qualidade inferior ao esperado. É avaliado como

um tipo de desperdício pois quando defeitos aparecem é necessário realizar refugos ou retrabalhos (HINES; TAYLOR, 2000).

Shingo (1996) defende a utilização de rotinas de inspeções simples e frequentes, onde o próprio operador da máquina é responsável por essa verificação. Também destaca o uso de ferramentas como o *Poka Yoke* (Sistema à Prova de Erros) para auxiliar na eliminação de defeitos.

3.1.6 Práticas relacionadas ao Lean

3.1.6.1 5S

Segundo Hiroyuki (2009), a ferramenta 5S é um dos conceitos básicos da manufatura enxuta pois sua função é iniciar e manter um ambiente de trabalho organizado e limpo. A organização alcançada pela metodologia 5S garante maior facilidade para a execução das tarefas do dia-a-dia, auxilia na identificação de falhas, elimina trabalhos desnecessários, reduz custos com perdas e aumenta a produtividade do negócio.

O termo “5 S” representa cinco etapas, cada uma identificada por uma palavra de origem japonesa que começa com a letra *ésse*: *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu* e *shitsuki*. Tais termos serão descritos abaixo de acordo com Hiroyuki (2009).

- ***Seiri* - Senso de Utilização**

A metodologia 5S afirma que o primeiro passo para alcançar o estado de organização é determinar quais são as ferramentas de trabalho que são utilizadas frequentemente. Senso de utilização significa saber distinguir aquilo que é necessário e deve ser mantido no ambiente de trabalho daqueles instrumentos que quase nunca são utilizados, mas ainda são guardados na área de afazeres. Assim, com a aplicação do senso de utilização, busca-se manter perto apenas as ferramentas de maior uso, enquanto que as demais são alocadas em outras áreas mais apropriadas.

- ***Seiton* – Senso de Ordenação**

O segundo passo consiste em definir um lugar correto para armazenar cada ferramenta de trabalho. Dessa forma, o indivíduo reconhece aonde ele deve buscar a ferramenta e depois aonde deve guardá-la. Em outras palavras, senso de ordenação significa estabelecer padrões sobre o local em que as coisas devem ser mantidas.

- ***Seiso* – Senso de Limpeza**

Após ordenar os instrumentos, busca-se manter o ambiente de trabalho limpo. É importante limpar e evitar que novas sujeiras apareçam. O próprio operador deve ser responsável por cuidar da sua máquina, realizando rotinas de limpeza que o auxiliem a conhecer seu equipamento para identificar o surgimento de anomalias, facilitando o trabalho da manutenção.

- ***Seiketsu* – Senso de Saúde**

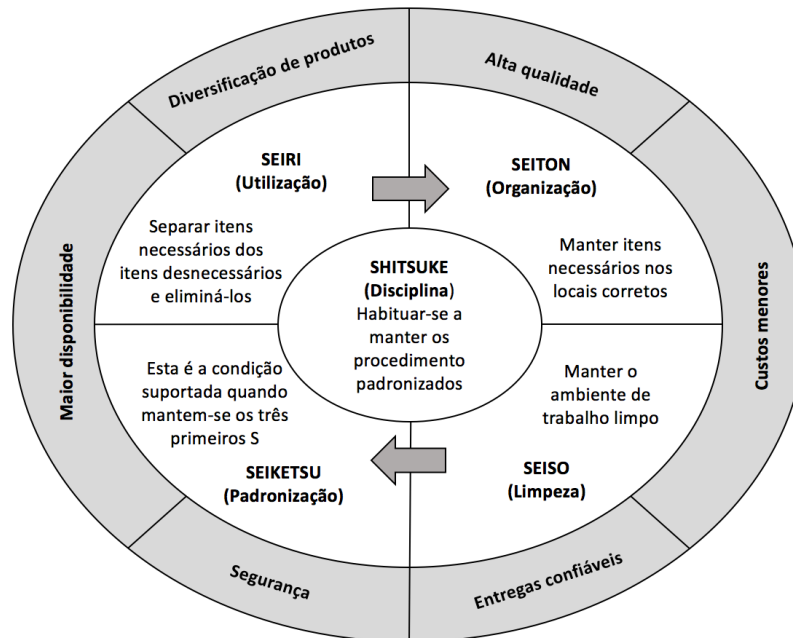
Diferentemente das outras etapas, senso de saúde se refere a um estado e não a uma atividade. Representa um estado de manutenção dos três sentidos anteriores. É obtido quando se cria o hábito de praticar limpeza.

- ***Shitsuke* – Senso de Disciplina**

A definição de disciplina pode ser descrita como seguir um hábito estável de manutenção de procedimentos tido como corretos. Todos os esforços realizados nas etapas anteriores seriam descartados se esse passo não se concretizasse, pois a disciplina é o fator que garante a continuidade da ferramenta 5S.

A Figura 2 ilustra os cinco passos descritos anteriormente através de um diagrama:

Figura 2- Significado do 5S



Fonte: Hiroyuki (2009)

3.1.6.2 Fluxo Contínuo

A prática de realizar fluxo contínuo é tão importante que ela foi definida como o terceiro princípio da manufatura enxuta. Fazer fluxo contínuo significa criar um fluxo suave e ininterrupto através do movimento de materiais ou informações de um ponto até outro. Produz-se um item por vez ao longo de uma série de etapas de processamento. Por esse motivo também é conhecida pela designação "One piece flow". O fluxo ideal é aquele em que as atividades são iniciadas e prosseguem até que todas estejam finalizadas (PROTZMAN, C.; MCNAMARA; PROTZMAN, D., 2016).

A condição para o funcionamento correto do fluxo contínuo é alcançada através do balanceamento de toda a linha de produção, pois garante que cada uma das estações de trabalho realize suas tarefas em tempos iguais, permitindo que todas estejam

funcionando durante todo o turno de serviço (PROTZMAN, C.; MCNAMARA; PROTZMAN, D., 2016).

Busca-se empregar numa linha apenas trabalhadores com ritmos semelhantes, onde cada funcionário vai coletar a peça resultante do posto anterior, em seguida vai processar o material recebido, depois passar o mesmo adiante para a próxima estação e, novamente, retornar à etapa de processamento (PROTZMAN, C.; MCNAMARA; PROTZMAN, D., 2016).

No fluxo contínuo, os postos de trabalho ficam próximos um dos outros para facilitar o acesso entre eles, minimizar as distâncias percorridas, e permitir ao usuário o acompanhamento do ritmo de estações adjacentes. A própria natureza do fluxo, baseada na sincronia de movimentos dos trabalhadores e na proximidade das tarefas, elimina o acúmulo de materiais acabados e semiacabados na cadeia produtiva (PROTZMAN, C.; MCNAMARA; PROTZMAN, D., 2016).

A Figura 3 ilustra uma comparação entre a produção em fluxo e a produção em lotes (a qual aglomera materiais entre os processos).



Fonte: Adaptado de Lean Enterprises Institute (2000)

3.1.6.3 Mapeamento de Fluxo de Valor

Jones e Womack (2002) definem uma cadeia de valor como sendo todas as ações necessárias (independentes de seu grau de valor) para gerar um produto e entregá-lo ao cliente. Dentre essas ações encontram-se aquelas à montante da cadeia produtiva, isto

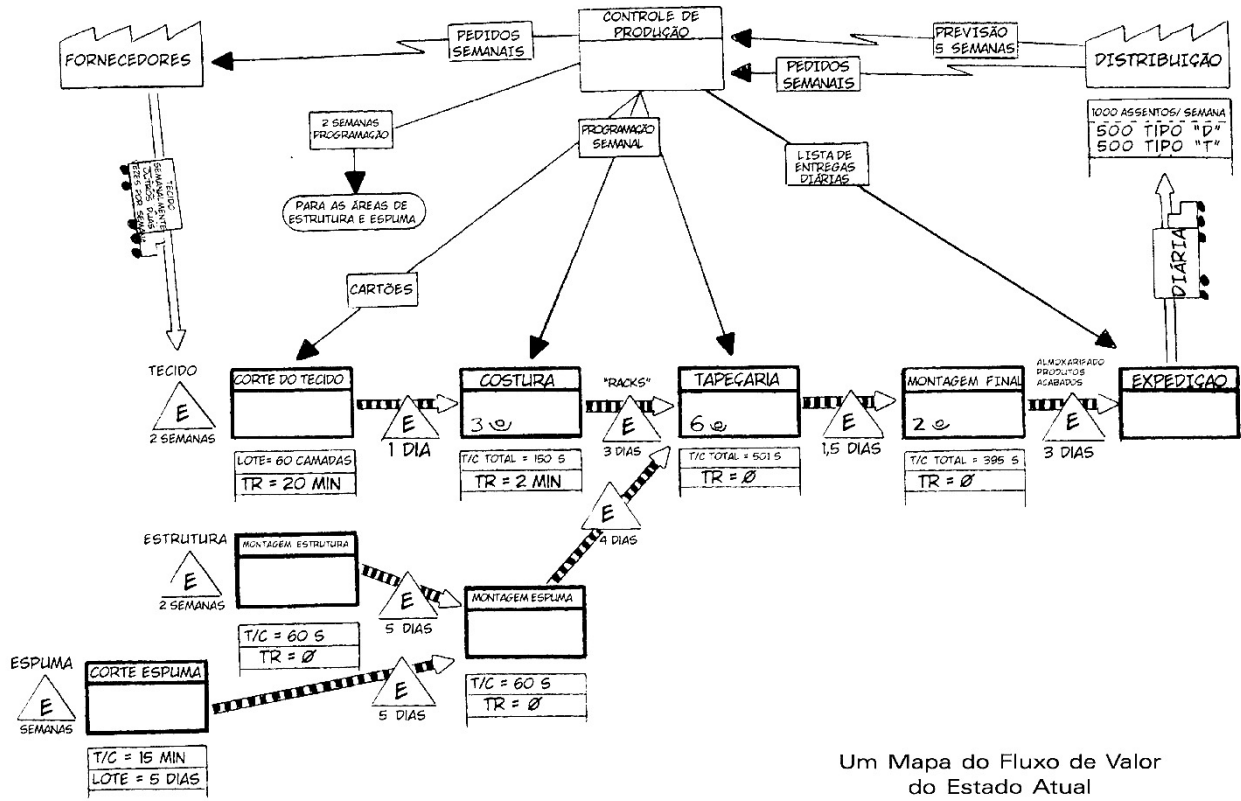
é, aquelas desencadeadas pelo pedido do cliente, e as atividades jusantes (aquelas necessárias para a transformação da matéria-prima em produto final).

O mapeamento do fluxo de valor (MFV) pode ser entendido como uma representação visual de processos baseada na observação direta do fluxo de materiais e de informações da forma como eles ocorrem na situação presente. A partir do mapa de fluxo de valor atual é possível gerar outro fluxograma para ilustrar possíveis situações futuras com desempenho superior ao estado presente (JONES; WOMACK, 2002).

O mapa de fluxo de valor atual representa a condição em que a cadeia de valor em questão se encontra na situação presente, enquanto que o mapa de fluxo de valor futuro ilustra possíveis modificações na cadeia produtiva com o intuito de alcançar melhorias particulares para cada caso, atingindo um estado “ideal”. (JONES; WOMACK, 2002).

As figuras (Figura 4 e Figura 5) retratam mapas de fluxo de valor atual e futuro, respectivamente.

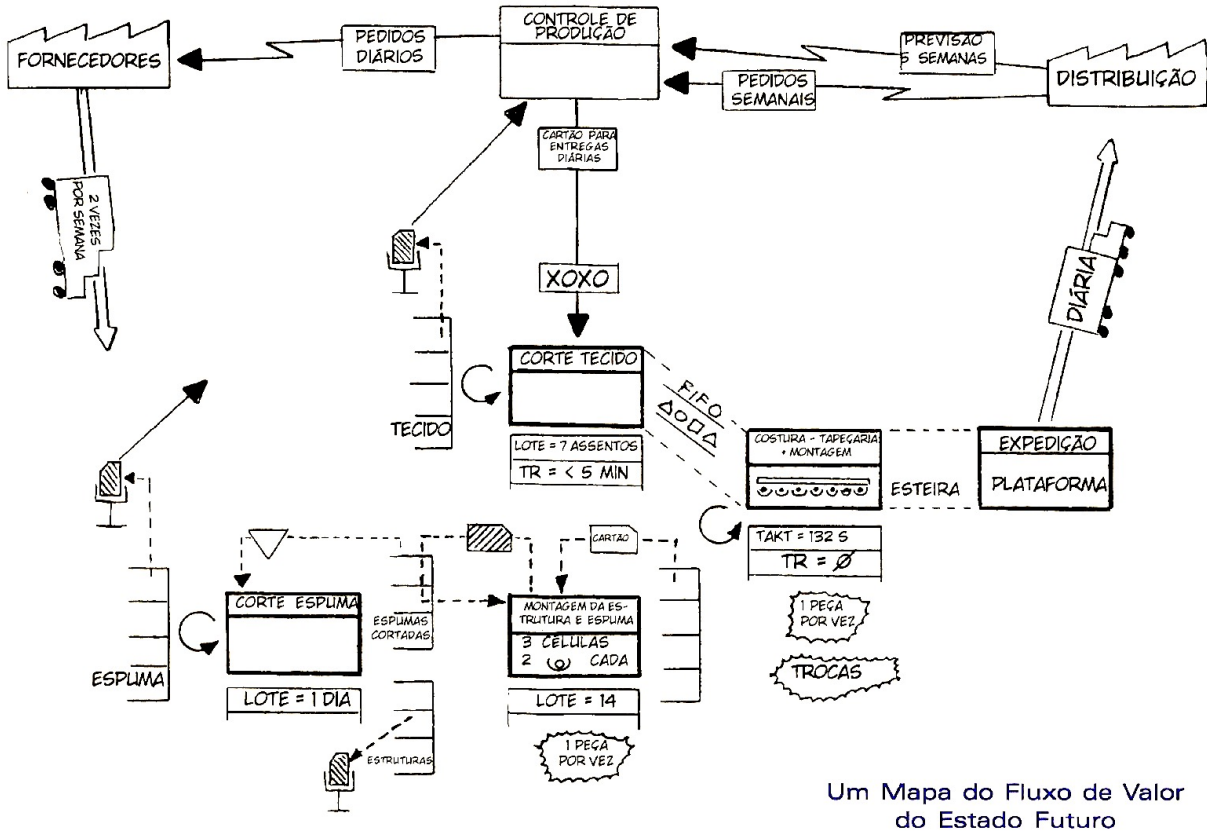
Figura 4- Mapa de Fluxo de Valor da Situação Atual



Um Mapa do Fluxo de Valor do Estado Atual

Fonte: Rother, Shook (2013)

Figura 5- Mapa de Fluxo de Valor da Situação Futura



Um Mapa do Fluxo de Valor do Estado Futuro

Fonte: Rother, Shook (2013)

3.1.6.4 Filosofia Kaizen

Segundo Ortiz (2006), Kaizen é um termo japonês utilizado para designar melhoria contínua. Também é concebido como uma filosofia, na qual alta gerência e funcionários são conectados sob a forma de rotinas de esforços (pequenos e constantes) visando alcançar cenários melhores que a condição atual do negócio.

Os princípios da manufatura enxuta defendem a aplicação conjunta da ferramenta Kaizen com outras atividades diárias, tais como a eliminação de desperdícios, a criação de padrões de trabalho e a utilização da metodologia 5s. As melhorias necessárias à

implementação Kaizen são normalmente pequenas, mas seus resultados podem ser grandes e duradouros (ORTIZ, 2006).

O fator chave para se obter sucesso na metodologia Kaizen depende majoritariamente do comprometimento e das ações das pessoas envolvidas, pois são elas responsáveis por definir possíveis pontos de melhorias para aplicação, estabelecer metas para chegar em cenários futuros, e realizar ações visando atingir essas metas (ORTIZ, 2006).

Diferentemente da filosofia, praticada diariamente através de pequenos avanços e contínuos, os eventos Kaizens envolvem a organização de uma agenda de acontecimentos, com duração de uma semana aproximadamente, onde grupos de indivíduos da empresa são reunidos com um propósito particular (ORTIZ, 2006).

3.2 Arranjo Físico

3.2.1 Definição

Slack, Chambers e Johnston (2009) definem layout como sendo o arranjo espacial onde os recursos transformadores estão distribuídos. Em outras palavras, o layout pode ser definido como sendo o resultado das escolhas de onde posicionar os recursos da organização, sejam eles máquinas, equipamentos ou pessoas.

O arranjo físico reflete sobre a primeira impressão de um indivíduo ao entrar no espaço físico, pois é a primeira coisa que ele vê ao adentrar no ambiente (SLACK et al., 2009).

Para Moura (2009), o arranjo físico é o resultado do planejamento e integração dos recursos com o intuito de permitir ao sistema produtivo maior eficiência e menores custos através da disposição dos bens pelo espaço disponível, considerando a relação entre máquinas, mão-de-obra e movimentação de materiais.

3.2.2 Importância do layout

O arranjo espacial de uma organização ilustra dois pontos sobre a mesma: como os recursos transformadores estão distribuídos no espaço físico considerando as relações entre eles; e como é organizada a distribuição de atividades entre esses recursos (SLACK et al., 2009).

Desenvolver um layout bom é uma tarefa importante e necessária, pois quando o mesmo não se encontra em sua melhor forma, isto é, quando o layout apresenta falhas, pode-se notar a presença de alguns problemas nas operações da organização, tais como: fluxos complexos e confusos, lead time longos, filas e esperas, falta de flexibilidade, imprevistos, e custos associados (SLACK et al., 2009).

Além disso, rearranjar um layout existente que precisa de correções gera tempos longos de planejamento, reorganização, custos elevados de redesign, exigências de clientes insatisfeitos com a espera, entre outros fatores (SLACK et al., 2009).

Por essas razões, o planejamento do layout original é de extrema importância para que se evite o surgimento de falhas num momento futuro. O primeiro passo para desenvolvimento do layout consiste em definir, de forma clara, quais objetivos busca-se atingir com a instalação do arranjo físico, para depois começar a refletir sobre possíveis ideias de fluxos que melhor atendem às necessidades da instalação (SLACK et al., 2009).

3.2.3 Modificações no arranjo físico

É importante repensar no layout quando ele afeta o desempenho das operações. Isso ocorre em situações quando: um recurso for eliminado ou acrescentado à cadeia produtiva, um recurso é deslocado de sua posição original para ocupar um outro espaço no espaço existente, ou quando ocorre alguma mudança no fluxo de materiais e pessoas, ou se houver expansões ou reduções na área da instalação, ou se houver mudança na estratégia corporativa, ou ainda quando o mix de produtos for alterado (CORRÊA; CORRÊA, 2009).

3.2.4 Características de um bom layout

Um layout será adequado à uma organização quando seu planejamento e elaboração forem estruturados com base na estratégia da corporação, isto é, considerando o papel que a instalação deve desempenhar para atender os objetivos do negócio (KRAJEWSKI, RITZMAN; MALHOTRA, 2010).

O relacionamento entre o arranjo físico e a estratégia corporativa pode ser considerado uma via de mão dupla: enquanto o primeiro deve ser arranjado conforme os objetivos da organização, o segundo pode ser impactado pela distribuição de recursos na instalação. Dependendo da configuração do espaço físico pode haver alterações na intensidade de fluxo, no padrão de trabalho, no nível de dificuldade das atividades, no tempo gasto para executar tarefas, no custo dos materiais e na satisfação do cliente (KRAJEWSKI, RITZMAN; MALHOTRA, 2010).

Considerando a importância de se criar um bom layout associado à estratégia do negócio, pode-se afirmar que a utilização das ferramentas da manufatura enxuta surge como um elemento chave e diferencial para orientar o planejamento e a distribuição dos recursos nas instalações, permitindo ganhos nos processos bem como intensificando o relacionamento dentro da cultura organizacional.

A obra de Slack, Chambers e Johnston (2009) estabelece alguns critérios para se definir o que seria um bom layout com base nos conceitos explorados pelo Sistema Toyota de Produção:

- **Segurança inerente**

Todos os processos que possam apresentar alguma forma de perigo ao trabalhador devem ser isolados em áreas restritas do espaço físico com entrada autorizada;

- **Fluxo**

O fluxo dos recursos (materiais, pessoas e informações) deve ser apropriado à cada tipo de negócio;

- **Clareza do fluxo**

Os fluxos de todos os recursos devem ser sinalizados para orientar trabalhadores, consumidores e visitantes;

- **Condições de trabalho**

O local de trabalho dos funcionários deve estar isento ou com menor grau possível de perturbações às condições humanas;

- **Coordenação administrativa**

Supervisão e comunicação devem ser assistidas pela localização dos aparelhos dos recursos destinados a estes fins;

- **Acessibilidade**

Todas as máquinas e aparelhos devem ser acessíveis para uso, limpeza e manutenção;

- **Uso do espaço**

Deve-se utilizar o espaço disponível da melhor forma admissível. Isso geralmente significa utilizar a menor área necessária para organizar os recursos;

- **Flexibilidade**

Um bom layout deve ter condições de se adaptar sob certas circunstâncias. Um exemplo seria considerar áreas do espaço físico destinadas às futuras expansões durante a fase de planejamento.

3.2.5 Arranjos Físicos Tradicionais

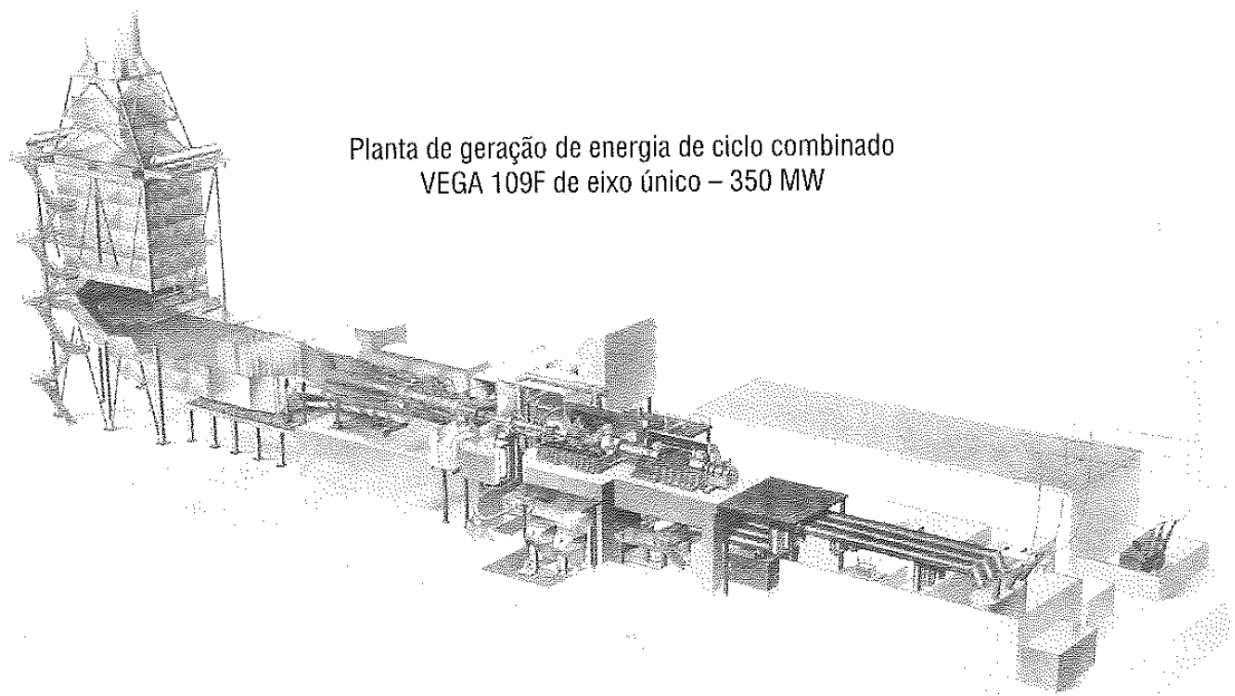
Slack, Chambers e Johnston (2009) definem quatro formas básicas de arranjos físicos tradicionais, cujas características variam de acordo com sua funcionalidade e modelo específico: layout posicional, layout por produto, layout por processo e layout celular. Também existe algumas variações desses modelos, os chamados layout híbridos, resultantes de combinações das formas tradicionais.

Arranjo Físico Posicional

Nesse layout, o produto se encontra estacionado numa posição fixa enquanto os demais recursos (pessoas, materiais, equipamentos) fluem pelo espaço físico de acordo com as necessidades das atividades de processamento. Geralmente é utilizado em situações onde o produto apresenta dimensões muito grande para ser deslocado, ou quando é composto por materiais de natureza delicada (JOHNSTON et al, 2009).

A Figura 6 traz uma representação desse modelo de layout.

Figura 6- Ilustração de um exemplo de layout funcional



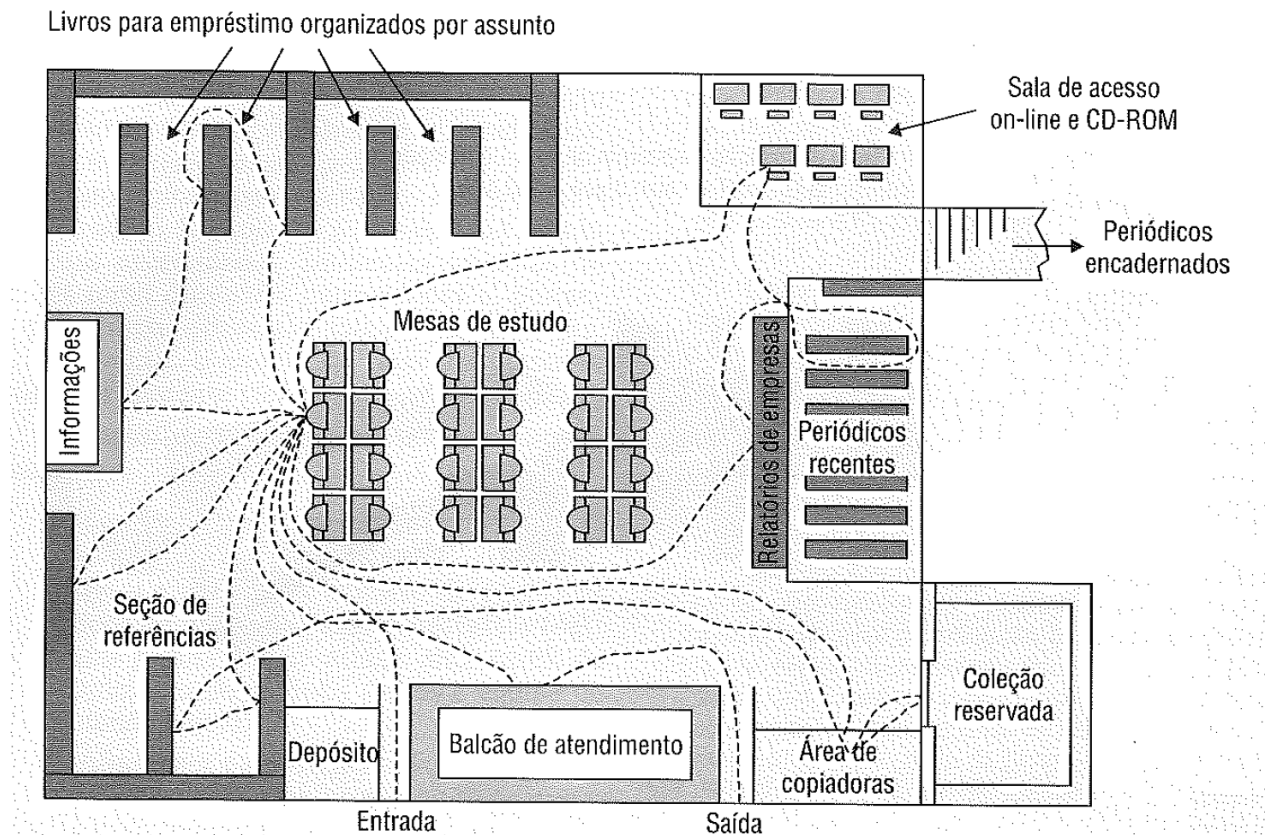
Fonte: Adaptado Slack, Chambers e Johnston (2009)

Arranjo Físico Funcional

O layout funcional é um arranjo físico estruturado de acordo com as necessidades e conveniências exigidas pelos recursos transformadores. Nessa configuração, recursos semelhantes são alocados juntos por ser interessante que eles fiquem próximos um dos outros (JOHNSTON et al., 2009).

Isso determina com que o fluxo de pessoas e materiais seja ordenado de acordo com as exigências dos processos. Conseqüentemente, diferentes produtos apresentarão rotas de fabricação diferentes (JOHNSTON et al, 2009). A Figura 7 traz uma representação desse modelo de layout.

Figura 7- Ilustração de um exemplo de layout funcional



Fonte: Adaptado Slack, Chambers e Johnston (2009)

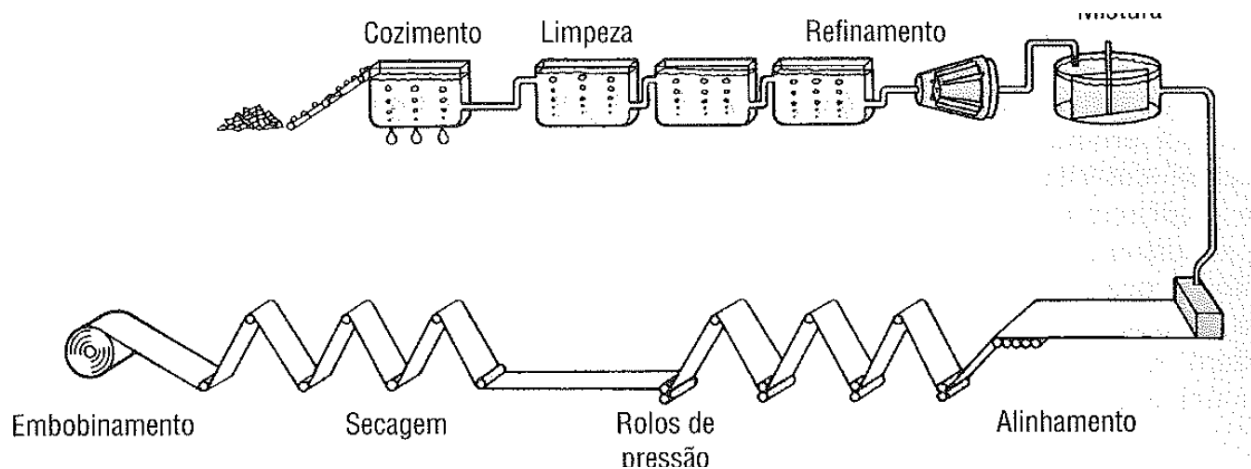
Arranjo Físico por Produto

No arranjo físico por produto, a configuração do layout é estruturada de acordo com as necessidades dos recursos transformados (produto). Nesse caso, o produto flui entre os processos numa rota com o formato de uma linha, o que justifica a outra nomenclatura utilizada para esse arranjo: layout em linha (JOHNSTON et al., 2009).

Pelo fato de ser um fluxo contínuo em linha, esse arranjo é mais fácil de ser controlado. Todavia, quando alguma estação de trabalho pausa suas atividades, as demais também ficam paradas pois não há como dar continuidade aos processos (JOHNSTON et al., 2009).

A Figura 8 traz uma representação desse modelo de layout.

Figura 8- Ilustração de um exemplo de layout em linha



Fonte: Adaptado Slack, Chambers e Johnston (2009)

Arranjo Físico Celular

Um layout do tipo job shop agrupa os maquinários da fábrica segundo um arranjo físico vinculado à capacidade dos processos, enquanto que um layout por produto organiza seu espaço físico de acordo com os requisitos dos processos necessários à elaboração de um único produto. O layout celular surge como uma forma de combinação desses dois layouts, isto é, ele organiza os bens produtivos considerando os requisitos de todos os processos necessários ao desenvolvimento de uma família de produtos (TANCHOCO,1994).

Kumar e Suresh (2008) e Slack, Chambers e Johnston (2009) definem o layout celular como sendo um espaço físico projetado para alocar todos os recursos transformadores cuja função é desempenhar uma sequência de operações para produtos com componentes similares.

Segundo esses mesmos autores, há dois passos para a implementação de um layout celular. Inicialmente, os produtos são agrupados em famílias, fazendo uma análise dos requisitos para a manufatura de cada um deles, e agrupando em uma mesma família aqueles com etapas de fabricação semelhantes. Posteriormente, busca-se posicionar os equipamentos que estarão dispostos em cada célula. A Figura 9 representa uma forma de definir as famílias de produtos.

Figura 9– Matriz de Família de Produtos (ROTHER; SHOOK, 2013)

		Etapas de Montagem & 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: Rother e Shook (2013)

O conceito de layout celular foi desenvolvido a partir da necessidade reunir em uma única configuração física a flexibilidade do jobshop juntamente com a simplicidade de administração do layout em linha, com o intuito de atender mercados de produção de pequena-média escala e com baixa-média variedade (TANCHOCO, 2004).

O Quadro 1 abaixo descreve as vantagens e desvantagens de se aplicar o layout celular, conforme os registros encontrados em Tanchoco, 2008.

Quadro 1- Vantagens e desvantagens da manufatura celular

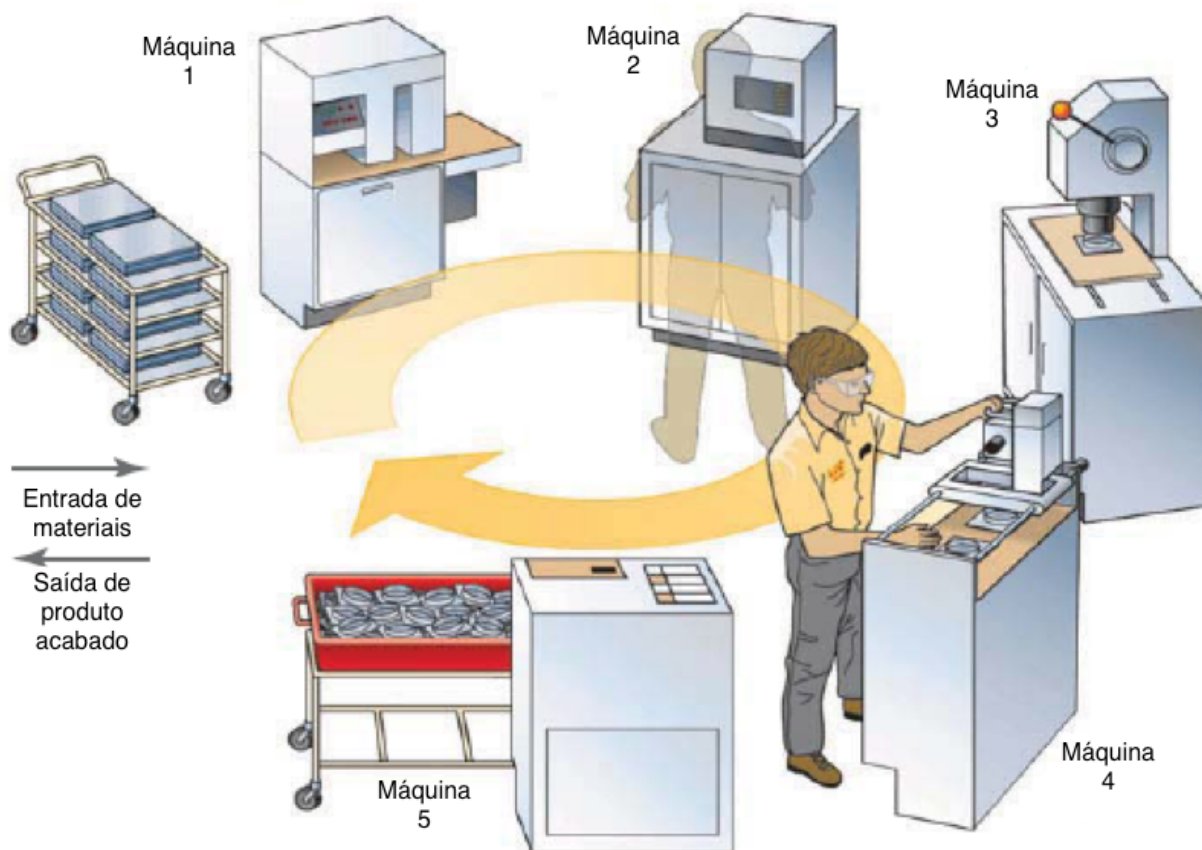
Quesito	Prós	Cons
Flexibilidade	As rotas geradas em células são mais flexíveis do que a utilização de linhas de produção	Normalmente, as células requerem a aquisição e manutenção de capacidade produtiva maior do que linhas de produção
Fluxo de Materiais	O manuseio de materiais é mais eficiente e o fluxo de	Ainda assim, as rotas geradas são mais

	materiais se aproxima mais de uma cadeia linear do (rotas mais simples) que o sistema jobshop	complexas e menos eficientes do que as linhas de produção
Material não acabado	Apresenta menor nível de materiais entre processos quando comparado com jobshop	Ainda são menos eficientes do que linhas de produção
Lead times	Apresenta menores tempos de lead times quando comparados com jobshop	Ainda são menos eficientes do que linhas de produção
Volume de Produção	É eficiente para aplicações em indústrias de baixo-médio volume de produção	Não são eficientes em aplicações destinadas às indústrias de médio-alto volume de produção

Fonte: Tanchoco (2008)

A Figura 10 ilustra o funcionamento de uma célula.

Figura 10- Representação Layout Celular em formato U



Fonte: Adaptado Krajewsky, Ritzman e Malhotra (2010)

3.2.6 Benefícios de um bom layout

A obra de Shingo (1996) também aponta para a importância de se desenvolver um bom layout, tendo em vista a extensa gama de benefícios que um arranjo físico correto pode apresentar:

- **Economia de tempo**

Quando um arranjo físico é gerado a partir de um planejamento prévio no qual foi considerado a forma como os recursos devem fluir pelas máquinas, quais disposições estas devem se encontrar, isso permite economia de tempo por facilitar a comunicação entre os centros de trabalho, além de encurtar as rotas percorridas para a produção e reduzir o ciclo de produção;

- **Controle de qualidade**

A organização dos recursos de produção bem planejada e os padrões estabelecidos para fluxo de pessoas, equipamentos e materiais permite aos operadores um feedback mais rápido sobre a presença de falhas ou irregularidades, melhorando o controle de qualidade;

- **Segurança e conforto**

Com os roteiros de produção pré-estabelecidos segundo padrões de rotinas, se torna mais simples a visualização geral das atividades, isto é, permite aos funcionários maior conhecimento sobre suas tarefas, e assim garantindo sua segurança e conforto;

- **Economia de materiais**

O planejamento do layout permite melhor uso dos recursos disponíveis das instalações, gerando grandes volumes de materiais economizados;

- **Flexibilidade**

Durante o projeto do arranjo físico busca-se analisar possíveis formas de torná-lo flexível a ponto de absorver certas variações do mercado;

- **Fluxo de materiais organizado**

O fluxo de materiais durante a entrada e saída, e até mesmo as rotas de materiais dentro da instalação ocorrem de forma tranquila e ordenada;

- **Satisfação do cliente**

Em decorrência dos fatores anteriores, a instalação passa a entregar produtos de maior qualidade, menor custo e com menores prazos de entrega, o que acaba gerando maior satisfação dos clientes.

3.2.7 Fatores relevantes na elaboração do layout

A obra de Rocha (1995) estabelece alguns fatores relevantes para se desenvolver um arranjo físico:

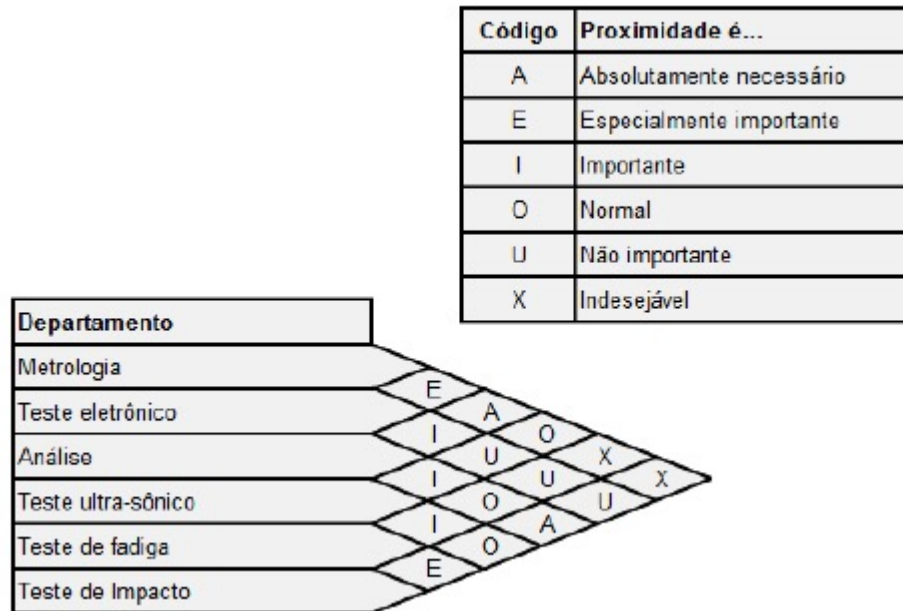
- Materiais (produto e matéria-prima): devem ter suas especificações conhecidas (peso, dimensões, características físico-químicas, quantidades movimentadas, etc.);
- Recursos transformadores (maquinário e equipamentos): devem ser quantificados de acordo com suas capacidades, eficiência e quantidade de produto a ser fabricada;
- Mão de obra: devem ter sua importância reconhecida durante a elaboração do design visando criar um espaço físico compatível com seu bem-estar;
- Movimentações: devem ser estudadas as circulações dentro da fábrica;
- Estoque: devem ser reservadas áreas para armazenar materiais acabados e semiacabados;
- Serviços e social: devem ser reservadas áreas para realização de serviços e de apoio social.

3.2.8 Diagrama de relacionamentos

Um método qualitativo muito utilizado para o posicionamento espacial dos recursos é o diagrama de relacionamentos. Slack et al. (2009) descrevem a carta de relacionamentos como sendo um indicador do grau de distância entre pares de centros

de trabalho. Nessa carta, áreas com menor interação entre si devem permanecer o mais distante possível umas das outras, enquanto que aquelas com maior intensidade de fluxo devem estar bem próximas. A Figura 11 ilustra um exemplo de carta de relacionamentos.

Figura 11- Diagrama de Relacionamentos



Fonte: Adaptado de Slack et al. (2009)

3.3 Lean Plant Design

Lean Plant Design é um termo utilizado para se referir à aplicação de conceitos de manufatura enxuta no design de instalações fabris. Compreende um conjunto de conceitos, técnicas e ferramentas que auxiliam no desenvolvimento de layouts para unidades produtivas que ainda não existem fora do planejamento (projeto Greenfield) ou para re-design de plantas já instaladas (projeto Brownfield) (Slack, 2009).

A utilização de conceitos Lean em projetos de fábrica tem como objetivo a redução de custos durante a implementação, a eliminação de desperdícios e a minimização de perdas relacionadas com a distribuição ineficiente de fluxos produtivos (Slack, 2009).

4. METODOLOGIA

O método escolhido para o estudo de caso deste trabalho foi baseado na metodologia DMAIC. Através da utilização desse modelo foi possível: planejar as ações necessárias ao desenvolvimento do projeto, coletar e avaliar dados relevantes para o funcionamento da fábrica, elaborar propostas alternativas de layout, e, finalmente, apresentar a solução mais adequada aos requisitos projeto, considerando os princípios do pensamento enxuto.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), a metodologia DMAIC foi desenvolvida a partir do modelo de melhoria proposto por Deming (denominado ciclo PDCA). O ciclo PDCA é conhecido por sua abordagem diferencial e eficaz. Basicamente, o PDCA consiste em refletir repetidamente para encontrar possíveis melhorias em atividades ou processos existentes. Quando ele é finalizado, reinicia-se a investigação de novas melhorias formando um ciclo de busca interminável. Ele se inicia com a fase “Plan” (representada pela letra “P”), seguido pelas fases “Do”, “Check”, e “Act” (representadas pelas letras “D”, “C”, “A”, respectivamente).

Diferentemente do ciclo PDCA, o qual segue uma abordagem reflexiva, o ciclo DMAIC é considerado uma metodologia mais intuitiva, baseada na experiência prática. Este é formado por cinco letras que representam as fases do ciclo de melhoria, descritas a seguir com base nos registros encontrados em Slack, Chambers e Johnston (2009):

Define – Definir escopo

A primeira fase do ciclo DMAIC consiste em definir o escopo do projeto, identificar as famílias de produtos, e determinar as pessoas envolvidas na execução do projeto. Além disso, essa fase também inclui um estudo prévio sobre o problema ou conjunto de problemas, visando compreender o que precisa ser melhorado nas condições atuais e quais requisitos são necessários para conseguir atingir tais melhorias. Geralmente, as organizações estabelecem metas ou objetivos que servirão de base para nortear o programa de melhorias a ser implementado.

Measure - Medir

A próxima fase tem por intuito validar as informações verificadas no passo anterior, isto é, procura-se avaliar se o problema identificado apresenta relevância para a organização e, em caso afirmativo, deve-se analisar a viabilidade de estudá-lo e o grau de eficácia das melhorias geradas após a implementação do método. Para isso, adota-se uma abordagem prática, através da medição e coleta de dados disponíveis relacionados ao problema.

Na etapa “Medir” algumas atividades deverão ser realizadas para prosseguir com o desenvolvimento do projeto: elaborar o mapa de fluxo de valor de cada família, desenhar o layout atual da fábrica, esboçar o diagrama de spaghetti, e identificar as restrições e requisitos do empreendimento.

Analyse- Analisar

Após obter informações ligadas ao fator estudado, inicia-se a fase analisar. Nela, tudo aquilo que foi coletado e mensurado anteriormente será analisado a fim de encontrar possíveis hipóteses relacionadas à causa raiz do problema.

Dentre as atividades envolvidas nessa etapa, pode-se citar: a elaboração do mapa de estado futuro, ilustração do diagrama de spaghetti futuro, identificação de problemas e suas origens, desenvolvimento de propostas e recomendações para o estado futuro.

Improve - Implementar

Após encontrar a causa raiz do problema, o ciclo procede para atividades de reflexão visando gerar ideias que eliminem o fator desencadeador. Nesse estágio, ideias são geradas e testadas, e a partir do momento que apresentam bons resultados, elas são implementadas.

Essa etapa inclui as seguintes atividades: definir e validar melhorias do estado futuro, estabelecer grupos de implementação, planejar e realizar eventos kaizen, e detalhar os recursos necessários à obtenção de melhorias.

Control - Controlar

As soluções geradas anteriormente devem ser continuamente monitoradas e controladas para verificar se o nível de melhoria alcançado é sustentável. A partir dessa fase, o ciclo se reinicia, novos problemas são identificados e novas melhorias serão desenvolvidas.

O projeto em questão consistiu na aplicação das três primeiras fases da metodologia DMAIC (definição de escopo, medir e analisar). As duas últimas etapas ainda não haviam sido concluídas até o desenvolvimento deste trabalho, pois elas envolviam a participação de outras organizações além da equipe de projeto. Por essas razões, elas foram desconsideradas do estudo.

5. ESTUDO DE CASO

5.1 Apresentação da Empresa Consultora

O segmento de Consultoria Operacional da Rasteiro Desenvolvimento Ltda é responsável por auxiliar empresas clientes na conquista da excelência operacional em negócios de manufatura e serviços. Engloba uma série de atividades realizadas para atender as necessidades dos clientes.

Todas as atividades que desenvolvi na Rasteiro Ltda como estagiária pertencem ao segmento de Consultoria Operacional, o qual é responsável por auxiliar empresas clientes na conquista da excelência operacional em negócios de manufatura e serviços.

Engloba uma série de atividades realizadas para atender as necessidades dos clientes. Inicialmente, a equipe inicia seu trabalho realizando um entendimento dos processos produtivos da empresa, para determinar possíveis pontos de melhorias com base nas exigências dos compradores. Posteriormente, ela desenvolve alternativas de solução, e a partir do momento que são aprovadas, a equipe passa a auxiliar na implementação da melhoria. Além disso, também realiza acompanhamentos das melhorias implantadas pela equipe de projetos.

O projeto retratado neste trabalho foi especializado para uma parte da cadeia produtiva de fabricação de Big Bags, englobando as etapas de recebimento da matéria prima, polipropileno, até a formação de rolos de tecido de ráfia. Foi um projeto que consistiu em desenvolver do zero um layout adequado para se tornar a nova instalação da fábrica de rolos de tecido de ráfia. Visando criar uma solução de arranjo físico compatível com as exigências do cliente, foi necessário conduzir um estudo aprofundado sobre o cenário proposto.

Inicialmente, foram coletados dados, realizados estudos sobre as informações adquiridas, e então foram determinadas diversas alternativas de layout com base em

teorias da manufatura enxuta. Dentre as propostas levantadas, foram selecionadas aquelas que melhor atendessem ao propósito do projeto. Após algumas revisões e adaptações foi possível chegar na proposta de layout final, a qual foi aprovada pela empresa.

Nesse projeto meu papel foi desenhar os mapas de fluxo de valores, gerar alternativas de layout, bem como colaborar na criação de um documento (“*book*”) que registrasse as etapas de desenvolvimento do projeto, incluindo suas justificativas. Também aprimorei minhas habilidades com o software AutoCad ao simular diversas propostas de layout para a instalação. Além disso, aperfeiçoei meu conhecimento sobre a metodologia necessária para criar um arranjo físico embasado na teoria de manufatura enxuta.

5.2 Apresentação da Empresa Cliente

A empresa cliente é uma companhia indiana, a qual desenvolve serviços na indústria de empacotamento há cinquenta anos. Suas instalações estão localizadas no norte do continente, numa cidade denominada Kanpur.

A companhia emergiu como resultado de um projeto de indústria Greenfield. Na época de sua origem, um novo material estava surgindo no mercado de manufatura plástica. Essa informação permitiu aos fundadores visualizarem uma oportunidade de negócio com a produção de Big Bags. Devido ao sucesso da iniciativa, a empresa introduziu uma linha de produção de sacolas de FIBC. Atualmente, a organização é conhecida por suas soluções de empacotamento no mercado internacional.

A empresa em questão está se expandindo e buscou contratar os serviços da Consultoria Rasteiro Ltda para auxiliar num projeto de fábrica do tipo Greenfield, a fim de gerar um layout que otimizasse o fluxo de produção para alocar sua nova unidade produtiva.

5.3 Aplicação da Metodologia

5.3.1 Definir escopo

A primeira fase da metodologia DMAIC (definir escopo) teve duração de duas semanas. Os elementos envolvidos nessa etapa foram essenciais para alcançar os resultados esperados do projeto. A equipe formada foi resultante da união entre consultores de projetos da empresa Rasteiro Ltda e alguns membros da empresa cliente (diretoria, gerência e supervisão). As principais atividades desenvolvidas no estágio “Definir” foram:

- Identificação das famílias de produtos

O conhecimento das famílias de produtos permitiu que a equipe compreendesse o funcionamento das operações dentro da cadeia produtiva da empresa cliente, facilitando a identificação de pontos de melhoria. Nessa análise, seis famílias de produtos foram apresentadas no Quadro 2- Identificação de famílias de produto

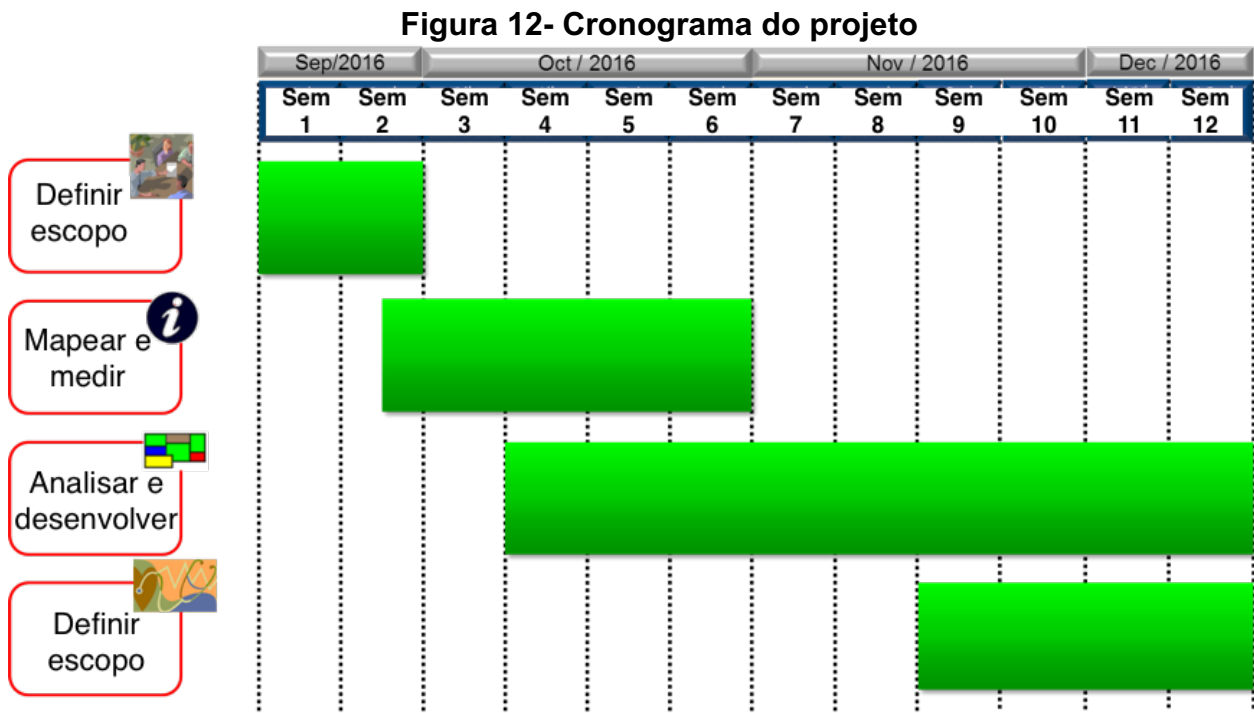
Quadro 2- Identificação de famílias de produto

Família	Designação da Família
1	Tecido circular
2	Tecido plano
3	Extrusora monofilamento de alças
4	Raffia + MFY + Cordões Tie
5	MFY + Cordões da Filler
6	MFY

Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

- Preparação do cronograma de atividades

O planejamento do projeto foi estruturado para ter duração de três meses. Para cada fase da metodologia foi estipulado uma data de início e término, de forma a cumprir o prazo estipulado. O cronograma montado foi apresentado na Figura 12.



Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

5.3.2 Medir situação atual

O segundo estágio da metodologia consistiu em medir e mapear a situação atual da empresa cliente. Visando alcançar tal objetivo, as seguintes atividades (Quadro 3) foram executadas:

Quadro 3- Atividades da fase "Medir"

Sequência	Atividade
1	Análise da demanda
2	Análise da capacidade
3	Visita à instalação

4	Preparação do MFV atual
5	Esboço do layout atual
6	Considerações sobre estado atual
7	Premissas e restrições sobre o macro layout

Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

Análise da demanda e capacidade

O estudo da demanda foi realizado com duas finalidades: verificar se a capacidade atual da companhia atende o mercado de Big Bags; e realizar o dimensionamento da demanda adicional (o qual a empresa pretende atender num cenário futuro e, portanto, deverá ser estimado para definir as áreas de expansão de layout).

Visita à instalação

Os consultores da Rasteiro Ltda visitaram as instalações indianas (tanto a planta antiga como a nova) para compreender de perto as operações envolvidas nos processos, conhecer o fluxo de materiais, os equipamentos, e interagir com os membros da empresa cliente. As figuras (Figura 13 e Figura 14) são as fotografias registradas no período da visita.

Figura 13- Instalação da planta nova



Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

Figura 14- Instalação de uma das plantas da empresa cliente



Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

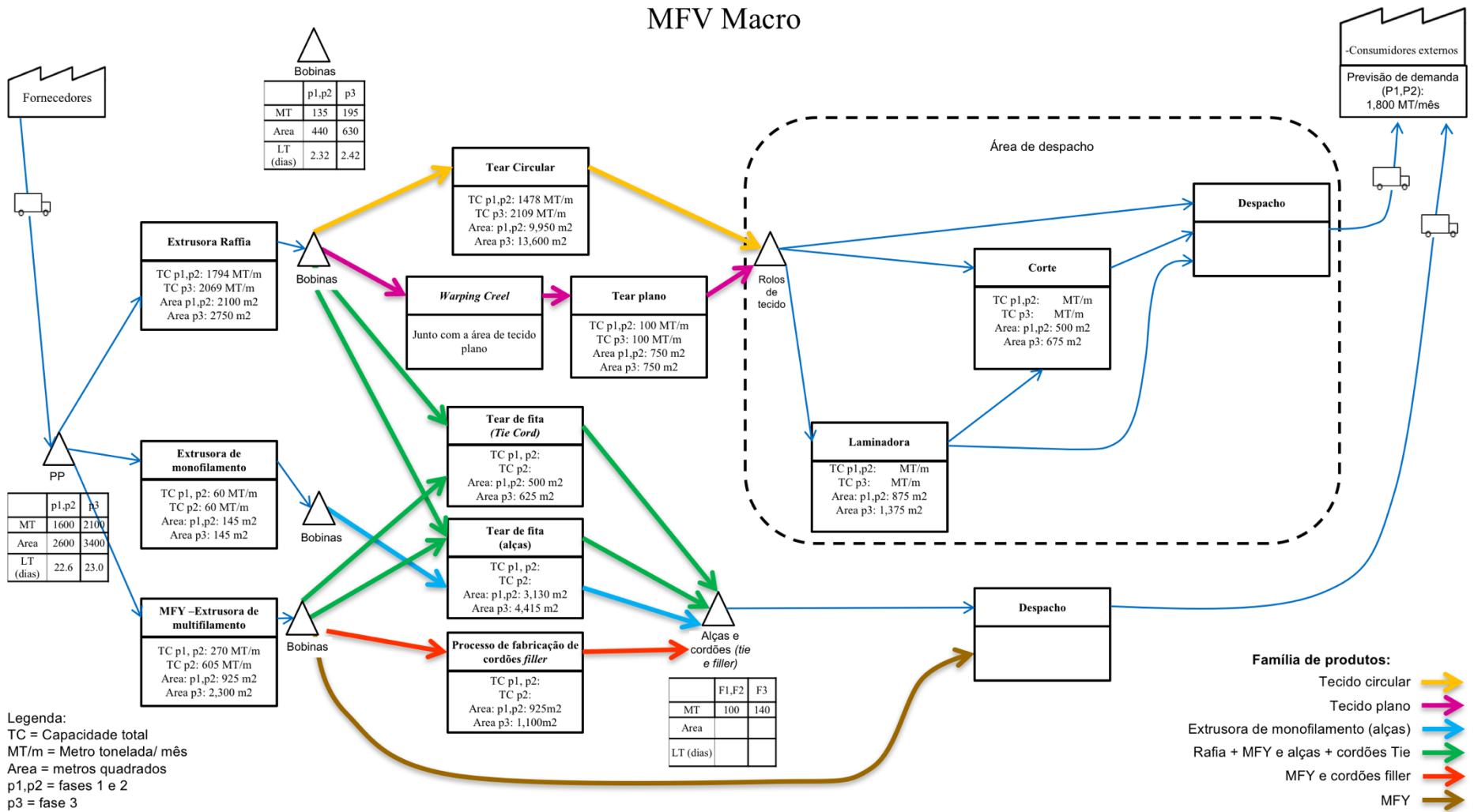
Preparação do MFV atual

Tendo em vista que a companhia cliente tem intenções de se expandir futuramente, os dados coletados anteriormente registram informações a respeito do cenário atual da empresa (designado como fase 1 e 2) e do cenário futuro de expansão (designado como fase 3).

O mapa da situação atual (MFV) foi elaborado com base no fluxo de materiais para cada família de produtos. Durante seu desenvolvimento foram registrados dados sobre demanda, capacidade, número de máquinas, área ocupada, tempo de produção, e área destinada ao estoque. A partir dessas informações foi possível identificar a intensidade do fluxo de materiais para cada segmento. Assim, pôde-se verificar a família de maior contribuição para o fluxo produtivo: aquela proveniente do tear circular.

A Figura 15 ilustra o esboço do mapa VSM em sua versão macro, a qual abrange todas as famílias de produtos.

Figura 15- MFV Atual: versão macro



Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

Esboço do layout atual

O layout atual da companhia é composto por um conjunto de unidades de produção separadas uma das outras. Nesse arranjo, a distribuição dos recursos não segue um padrão específico, eles foram alocados randomicamente, em função do espaço disponível para alocação. Este comportamento indica que a planta atual apresenta um crescimento do tipo orgânico.

Um dos benefícios do presente projeto é justamente eliminar o crescimento desordenado do cenário observado. Buscou-se criar uma proposta, onde os recursos fossem posicionados de acordo com a distribuição do fluxo de materiais e de informações, incluindo ainda áreas para futuras expansões.

Nas Figura 16 e Figura 17 tem-se duas representações: o arranjo físico atual da empresa (onde cada área funcional foi alocada para um galpão específico) e o mesmo layout complementado com o diagrama de spaghetti (a fim de evidenciar a distribuição dos fluxos produtivos na planta).

As dimensões do diagrama spaghetti anterior foram registradas na Tabela 1:

Tabela 1 - Dimensão spaghetti atual

Família de produto	Dimensão (m)
Fluxo tecido circular	513
Fluxo tecido plano	519
Fluxo tear de fita e multifilamento	408

Considerações sobre estado atual

Após analisar as informações apresentadas anteriormente, chegou-se a conclusão de que o arranjo físico atual apresentava algumas deficiências:

- Desperdícios com manuseio de materiais;
- Desperdícios com transporte;
- Layout funcional com áreas produtivas isoladas uma das outras;
- Plano de expansão não considera o fluxo dos materiais.

Premissas e restrições sobre o macro layout

A partir dos dados levantados e depois de conhecer um pouco mais sobre a cultura indiana foi possível determinar algumas premissas e restrições sobre o projeto de fábrica da nova instalação:

- O projeto deveria incluir todos os galpões num mesmo espaço físico;
- O prédio mais alto deveria ser posicionado na região sudeste da planta (as dimensões do equipamento liner exigem que o prédio seja alto);
- A fábrica deverá ter duas aberturas, sendo uma delas somente para evacuação;
- Os galpões devem ter formato retangular (restrição religiosa);
- A localização da área administrativa foi definida pelo arquiteto;
- No local de encontro das diagonais de cada um dos galpões retangulares (ponto Brahmstal) não haverá recursos, isto é, deve permanecer vazio (restrição religiosa).

5.3.3 Analisar situação atual e planejar situação futura

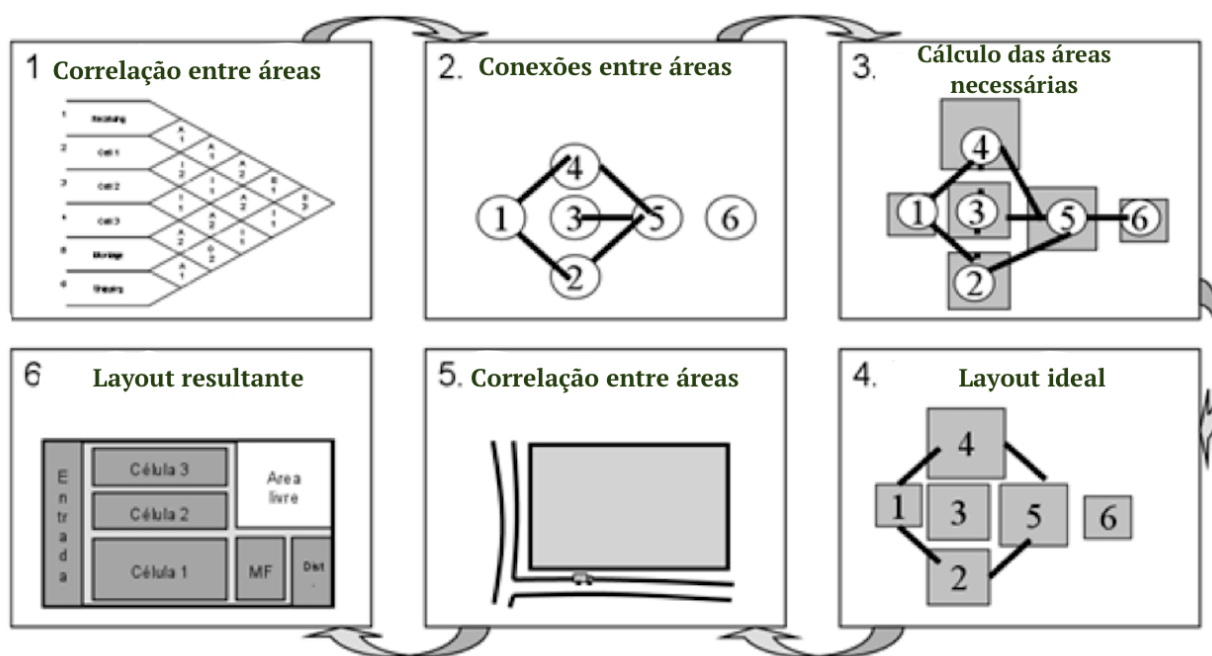
Ao completar todos os passos da fase medir, procedeu-se para a análise do cenário atual e planejamento da situação futura.

1. Desenvolvimento das propostas de macro layout

O instrumento utilizado para desencadear as primeiras ideias de layout foi baseado no modelo de desenvolvimento de projeto de fábrica da obra de Slack e Chambers (2009), ilustrado na Figura 18.

Figura 18- Fases do desenvolvimento de layout

Fases Conceituais de layout de fábrica



Fonte: Adaptado Slack e Chambers (2009)

De acordo com o modelo acima, inicialmente deve-se verificar a correlação entre os processos através da elaboração de um diagrama de inter-relações entre atividades (fase 1). Após definir o grau de relacionamento dos processos, passa-se a explorar

alternativas de posicionamento (conexões) dos recursos considerando as relações definidas pelo diagrama (fase 2).

Depois de gerar algumas propostas, procede-se para o cálculo da área envolvida em cada processo. Com isso, será obtido um arranjo dos blocos de áreas correspondentes (fase 3). Após algumas adaptações, este resultará no esboço do layout ideal (fase 4). Nesse momento é importante incorporar as restrições do projeto na proposta desenvolvida (fase 5), para finalmente chegar-se ao modelo final (fase 6).

O modelo descrito anteriormente foi necessário para desenvolver as primeiras propostas de macro layout, incluindo as fases 1 e 2 (cenário atual) e fase 3 (cenário de expansão). A equipe de consultoria iniciou a metodologia com a elaboração da matriz de correlação das atividades, visando estabelecer quais processos deveriam permanecer próximos um do outro e quais deveriam ser isolados (Figura 19).

Algumas características (quantidade, tipo e dimensões) dos maquinários da nova instalação foram essenciais para o cálculo do espaço necessário ao posicionamento dos equipamentos na fábrica. Depois de estimar as dimensões de cada área exigida foi possível projetar no software AutoCad um desenho com o relacionamento entre os blocos de áreas. Além disso, o tamanho do estoque também foi estimado com base em fórmulas fornecidas pela empresa cliente.

Figura 19 - Matriz de correlação de atividades

Matriz de Correlação		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
		Extrusora Rafia	Mono Extrusora	MFY Extrusora	Tear circular	Tear plano e Warping Crew	Tear de fita (tie cord)	Tear de fita (alça)	Filer Cord	Laminadoras	Máquinas de corte	Área de despacho	Matéria prima (PP)	PP para laminação	PP para máquina Liner	WIP para tear circular	WIP (bobinas) para Warping Creel	WIP (bobinas) para tear de fita (alças)	WIP (bobinas) para tear de fita (tie cord)	WIP (bobinas) para filler cord	Material acabado ou WIP (centralizado na área de estoque de rolos)	Material acabado do tear de fita	Material acabado do processo de filler cord	Material acabado proveniente do MFY
1	Rafia Extrusora																							
2	Mono Extrusora	I																						
3	MFY Extrusora		I																					
4	Tear circular	B																						
5	Tear plano e Warping Crew	B																						
6	Tear de fita (tie cord)																							
7	Tear de fita (alça)		B																					
8	Filer Cord			B																				
9	Laminadoras																							
10	Máquinas de corte									A														
11	Área de despacho									A	A													
12	Matéria prima (PP)	A	B																					
13	PP para laminação																							
14	PP para máquina Liner																							
15	WIP para tear circular	A			A																			
16	WIP (bobinas) para Warping Creel	B				A																		
17	WIP (bobinas) para tear de fita (alças)	B	B																					
18	WIP (bobinas) para tear de fita (tie cord)	B					B																	
19	WIP (bobinas) para filler cord			B					B															
20	Material acabado ou WIP (centralizado na área de estoque de rolos)				A	A				A	A	A												
21	Material acabado do tear de fita						B	B				B												
22	Material acabado do processo de filler cord							B			B													
23	Material acabado proveniente do MFY			B							B													

Legenda

Símbolo	Correlação
A	Necessário
B	Muito importante
I	Importante
L	Pouco importante
N	Negligente
X	Indesejável

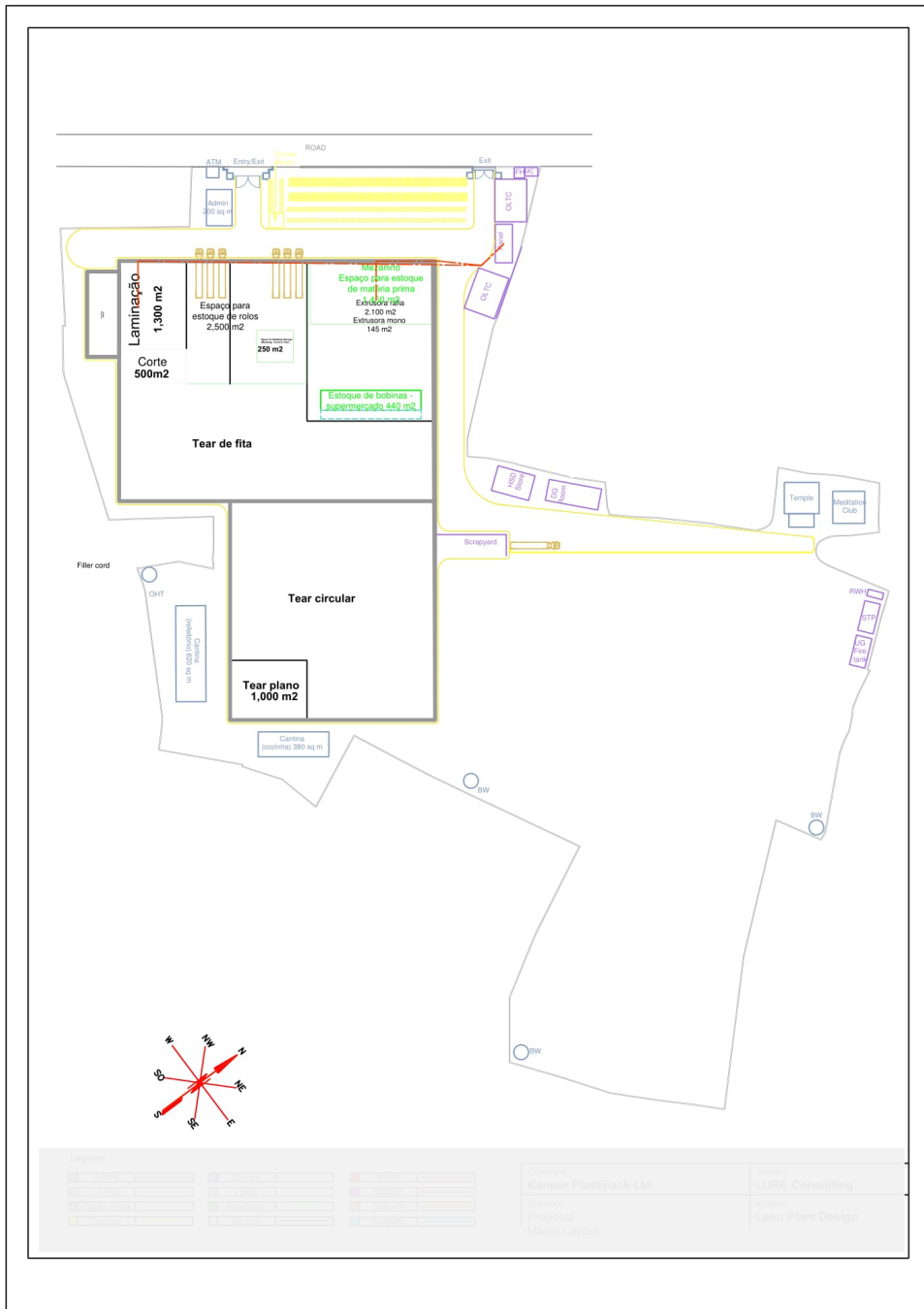
Fonte – Desenvolvido pela equipe de projetos

Após completar os passos anteriores, a equipe de consultoria desenvolveu os primeiros conceitos de layout, com base em cinco modelos:

- Conceito A: Fluxo em formato de U: inicia e finaliza na parte superior da planta;
- Conceito B: Fluxo linear e fluxo em formato de U: O linear inicia na parte superior e termina na parte inferior da planta, enquanto que o de formato em U inicia e finaliza na parte superior da planta;
- Conceito C: Fluxo linear: inicia na parte superior e termina na parte inferior;
- Conceito D: Fluxo linear: inicia na parte inferior e termina na parte superior;
- Conceito E: Fluxo linear e fluxo em formato de U: O linear inicia na parte inferior e termina na parte superior da planta, enquanto que o de formato em U inicia e finaliza na parte inferior da planta;

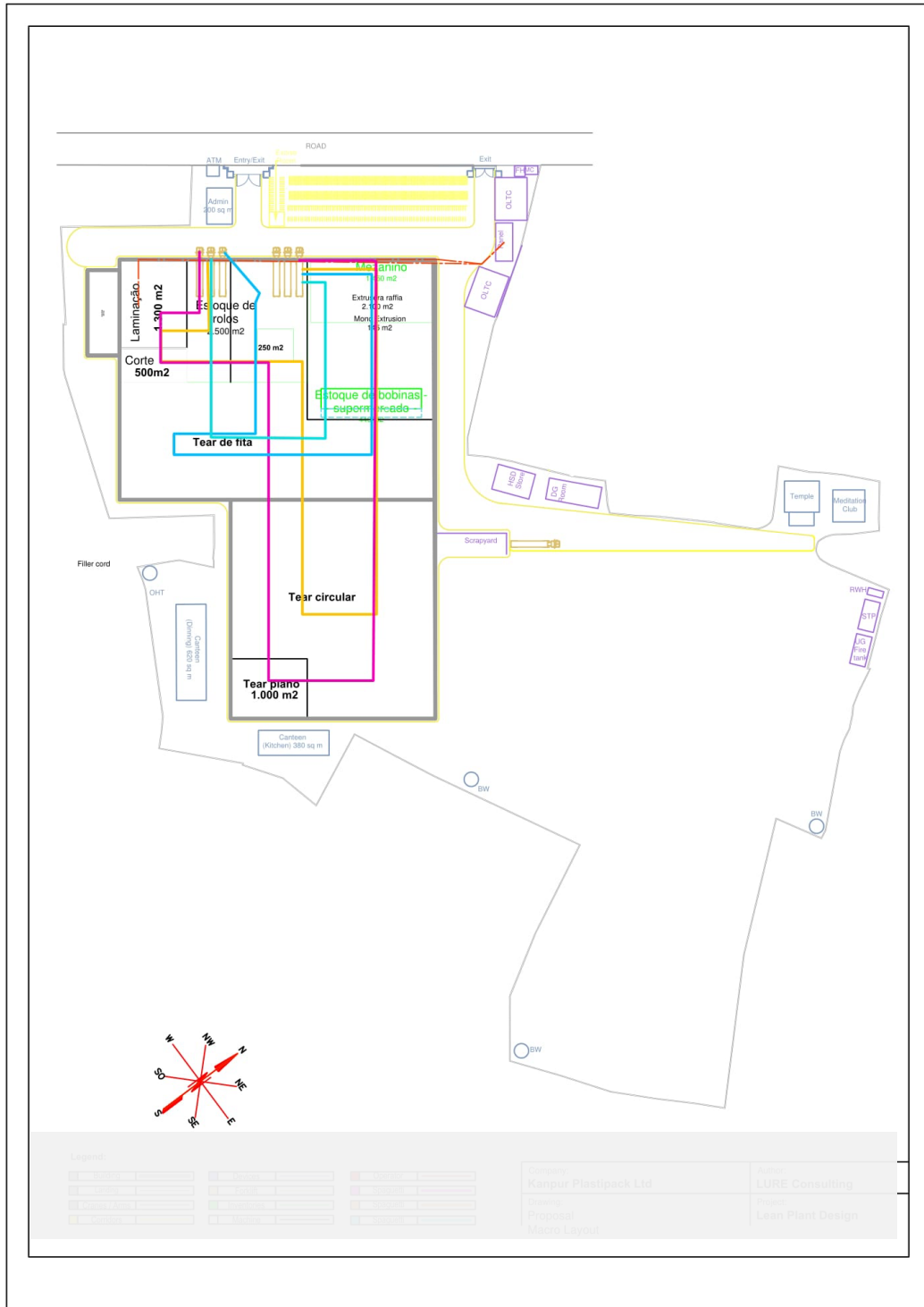
A partir dos cinco conceitos acima, diversas alternativas de layout foram geradas. As melhores propostas foram selecionadas para análise, visando criar uma solução que agrupasse os pontos positivos de cada modelo. Os conceitos escolhidos foram o “A” e “B”, e as melhores propostas foram a A-6 e B-9. As próximas figuras ilustram três versões de cada um dos layouts escolhidos, incluindo uma versão para o cenário atual (fase 1 e 2), outra para o cenário atual com desenho do fluxo de recursos, e uma última para o cenário de expansão (fase 3).

Figura 20- Proposta A-6 (fases 1 e 2)



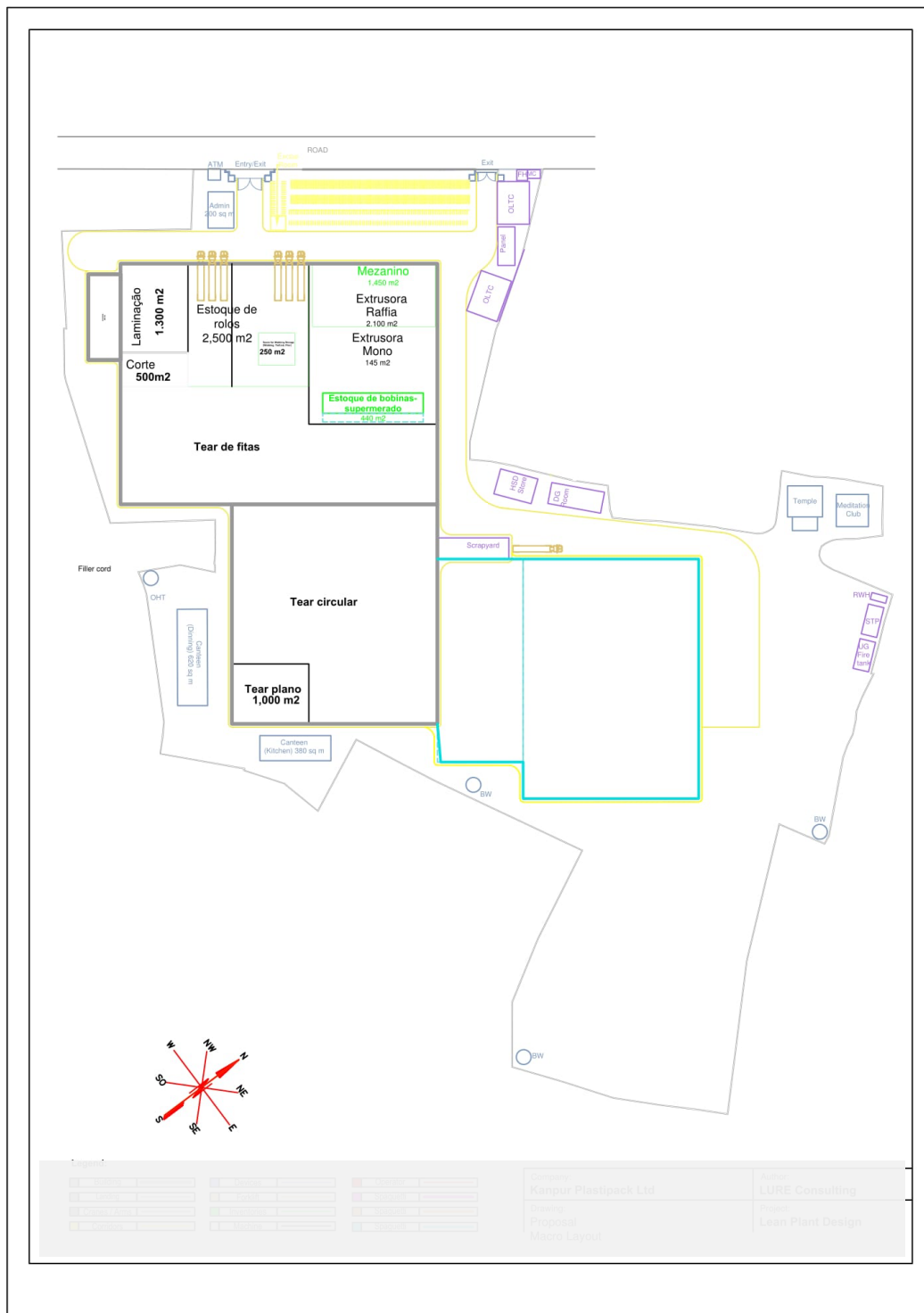
Fonte: Desenvolvido pela equipe de projeto

Figura 21- Proposta A-6 (fluxo de materiais)



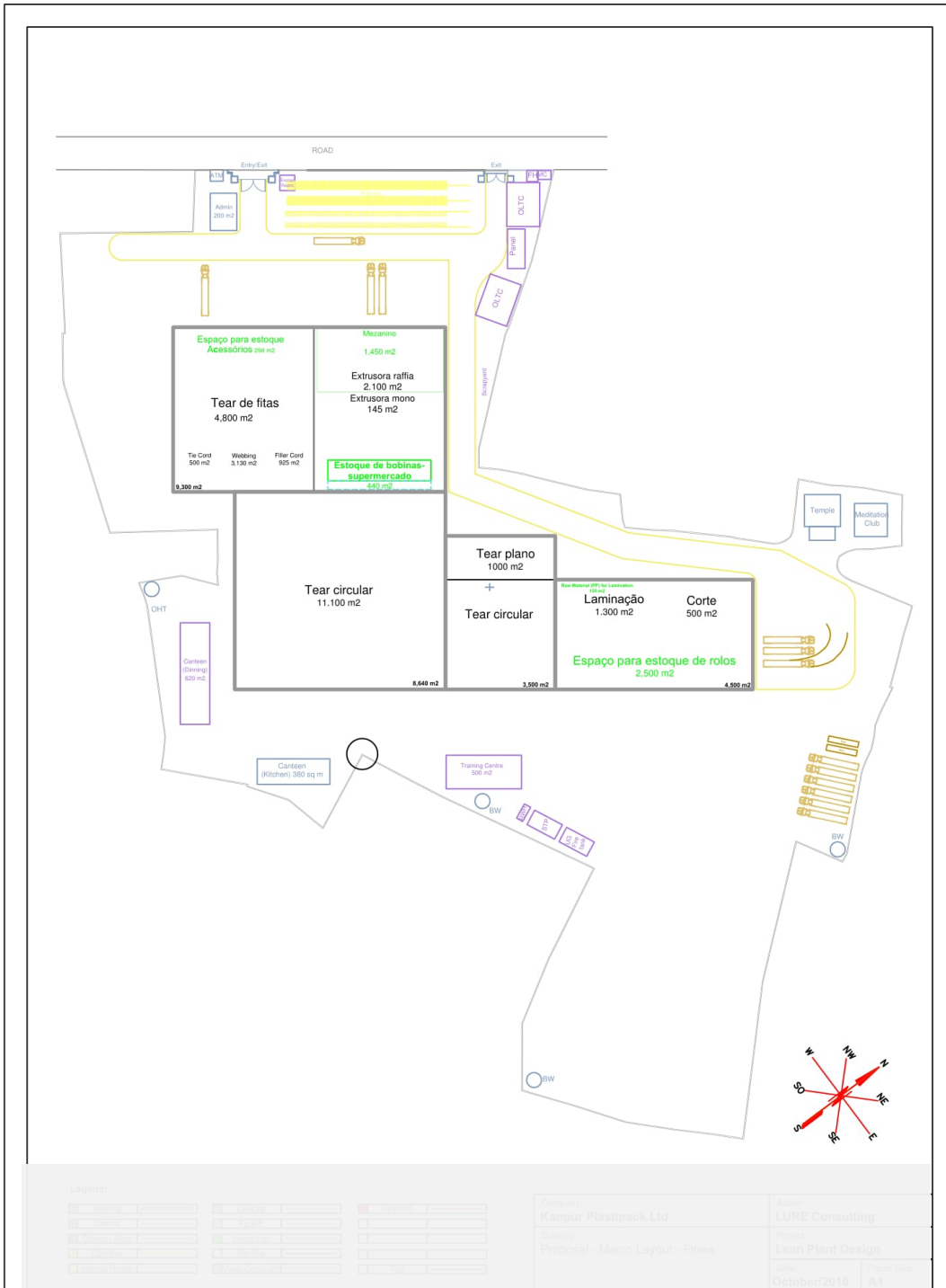
Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

Figura 22- Proposta A-6 (expansão)



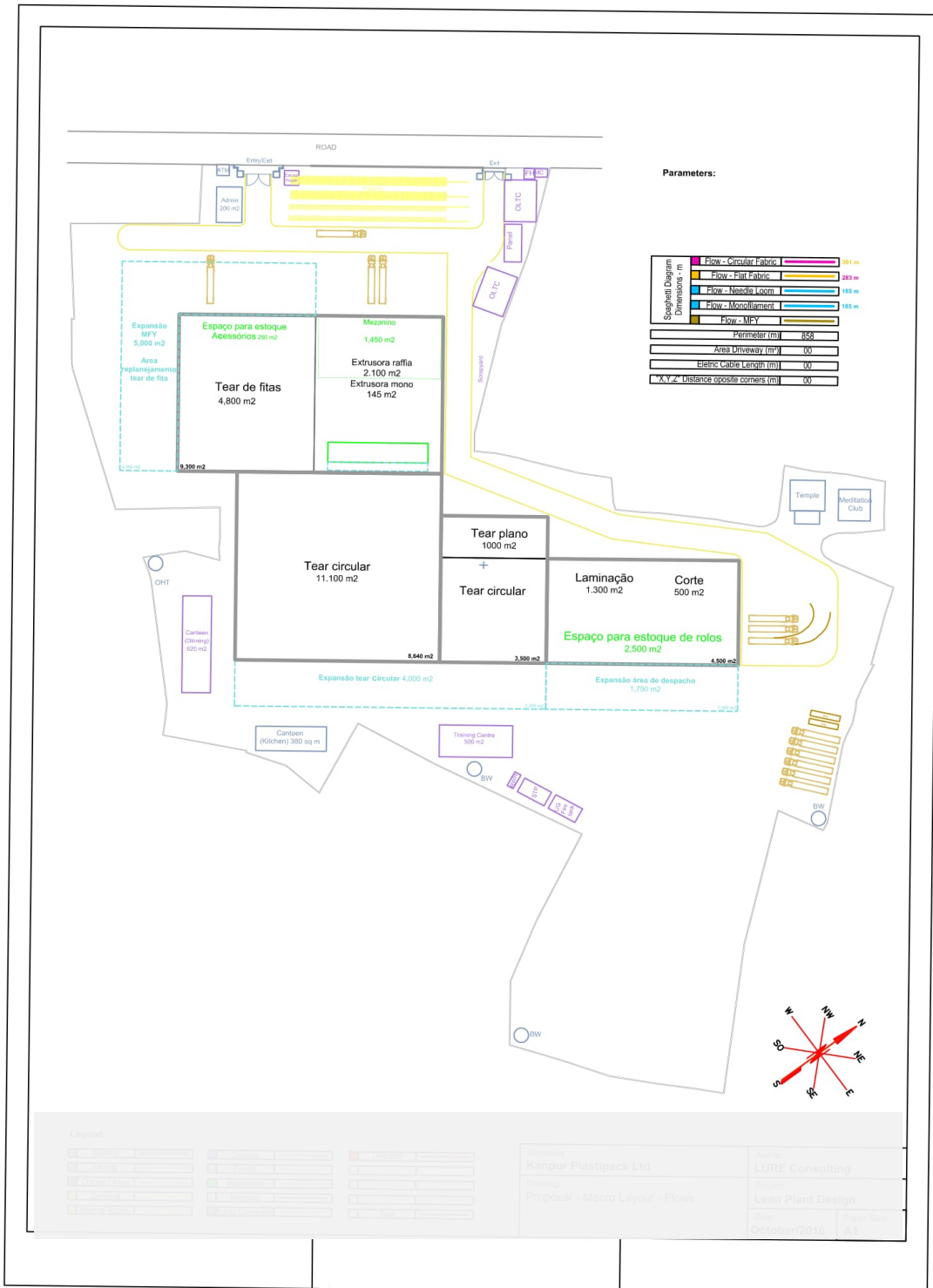
Fonte – Desenvolvido pela equipe de projetos

Figura 23- Proposta B-9 (fases 1 e 2)



Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

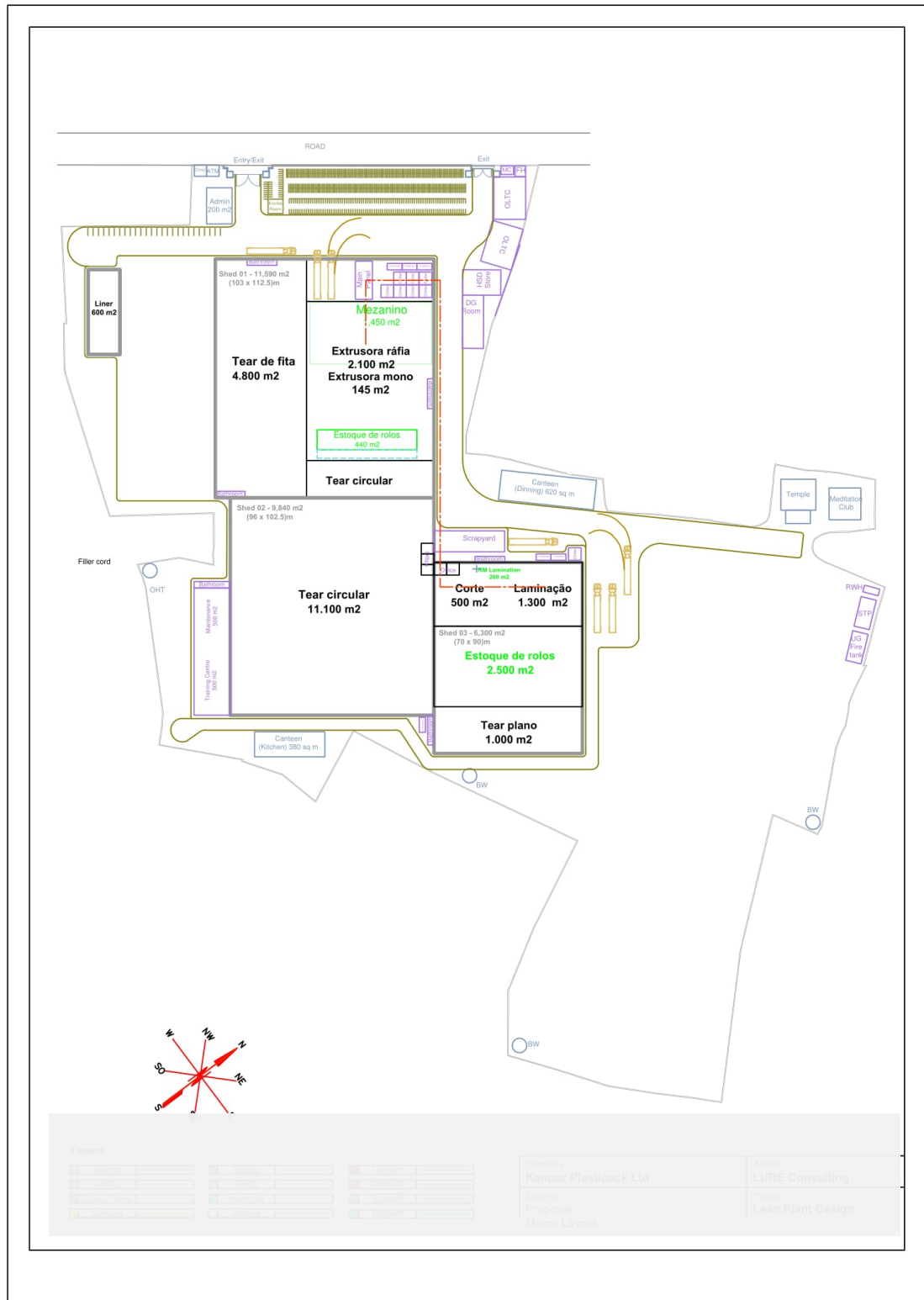
Figura 25- Proposta B-9 (expansão)



Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

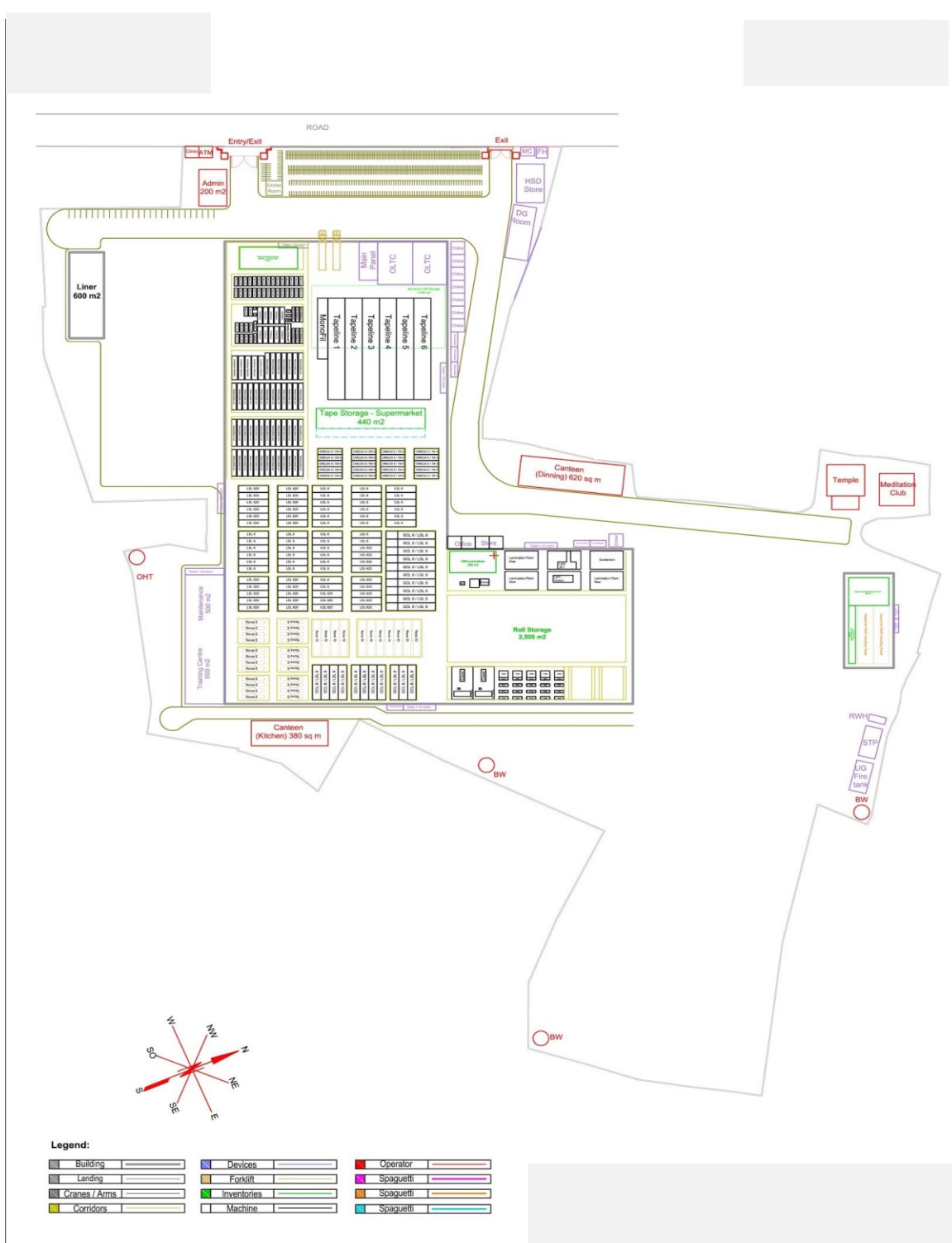
A proposta B-9 apresentou um fluxo de materiais otimizado enquanto que a proposta A-6 trouxe uma abordagem interessante com relação ao formato dos galpões (quadrado e modular) e às áreas de expansão. Assim, a equipe de projeto optou por criar um novo conceito incorporando as vantagens de cada proposta. A partir desse novo modelo, pôde-se desenvolver outras alternativas de layout. Entre elas, a que melhor atendeu aos objetivos do projeto foi a proposta B-10 (Figura 26, Figura 27, Figura 28).

Figura 26: Proposta B-10 (fases 1 e 2)



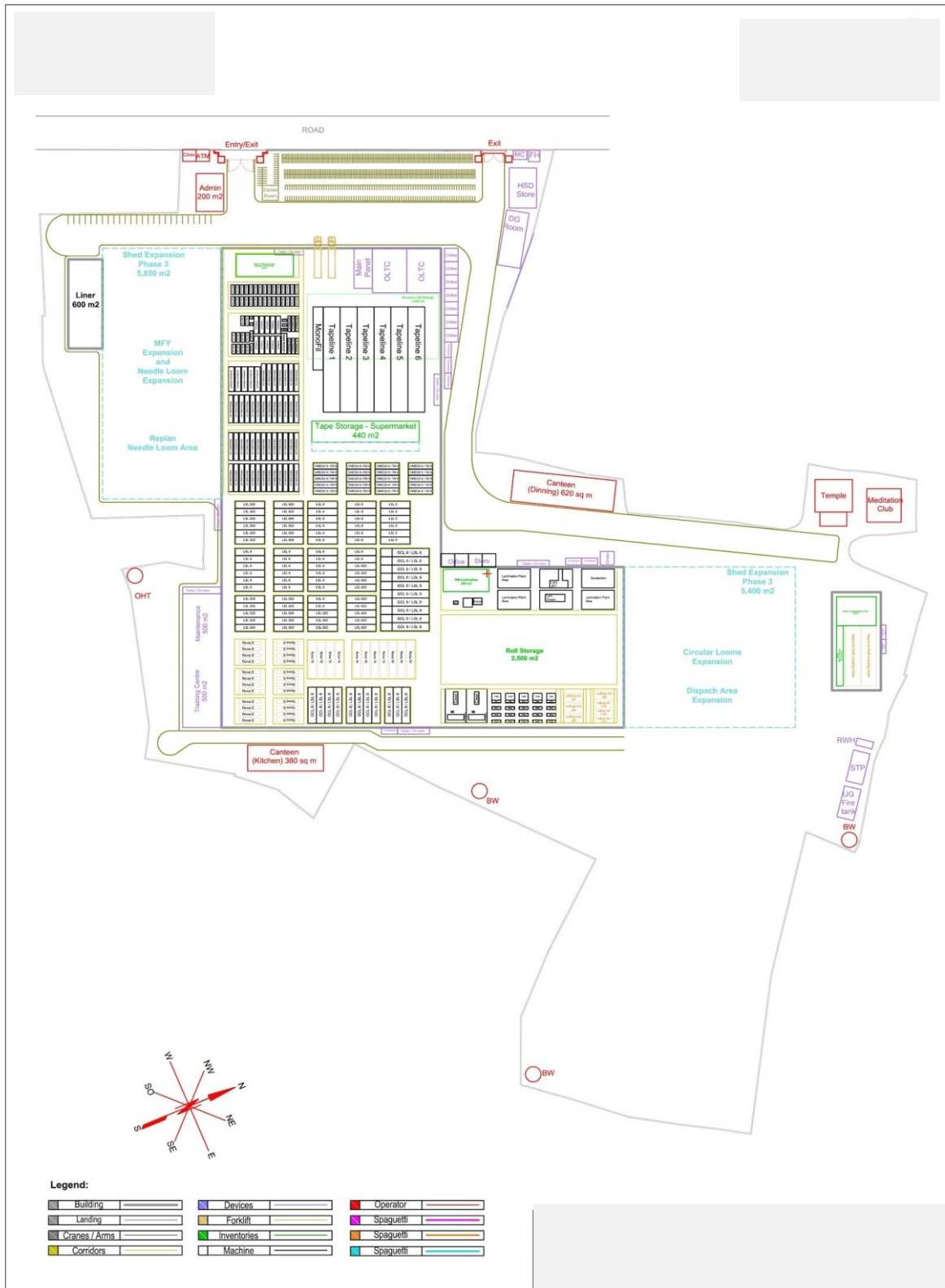
Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

Figura 30- Proposta B-11 (fases 1 e 2)



Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

Figura 31 - Proposta B-11 (expansão)



Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

2. Desenvolvimento das propostas de micro layout

Após conceber uma proposta final de macro layout, a equipe de projeto passou a focar esforços no desenvolvimento do arranjo físico detalhado (micro layout).

O primeiro passo para alcançar tal objetivo foi conhecer as quantidades e dimensões de cada máquina a ser alocada na nova planta. Além disso, foi necessário desenvolver propostas de transporte e de armazenamento com o intuito de definir as áreas reservadas para estoque e circulação da fábrica.

Na nova planta serão estocados rolos e bobinas. Para o armazenamento de rolos foram simuladas duas possibilidades: estocagem em racks ou empilhamento. Os resultados da simulação indicaram ser mais vantajoso a utilização de racks, uma vez que esta alternativa apresentou uma demanda de espaço 50% menor (Figura 32).

Figura 32- Alternativas para armazenamento de rolos



Opção 1 (Rolos empilhados)						
Número de rolos Altura rolos (m)	Altura do rack (m)	Espaço demandado para rolos lineares (m)	Área demandada para rolos (m)	Corredor para movimentações (m)	Área para corredores (m ²)	Área total demandada (m ²)
3	3,3	587	704	0,8	470	1174
3	3,3	115	253	0,8	92	344
Área total requerida para rolos: 1518 m²						



Opção 2 (Rack para rolos)						
Número de rolos Altura rolos (m)	Altura do rack (m)	Espaço demandado para rolos lineares (m)	Área demandada para rolos (m)	Corredor para movimentações (m)	Área para corredores (m ²)	Área total demandada (m ²)
5	7,5	352	423	2	352	775
5	7,5	69	152	3	103	255
Área total requerida para rolos: 1030 m²						

Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

Com relação ao armazenamento de bobinas, os consultores chegaram a duas possibilidades: racks de regulação dinâmica ou carrinhos abertos com formato “porco espinho”. Os resultados das estimativas apontaram a primeira alternativa como sendo aquela com maior quantidade de movimentações e com maior área de ocupação. Sendo assim, o carrinho aberto foi a opção mais indicada.

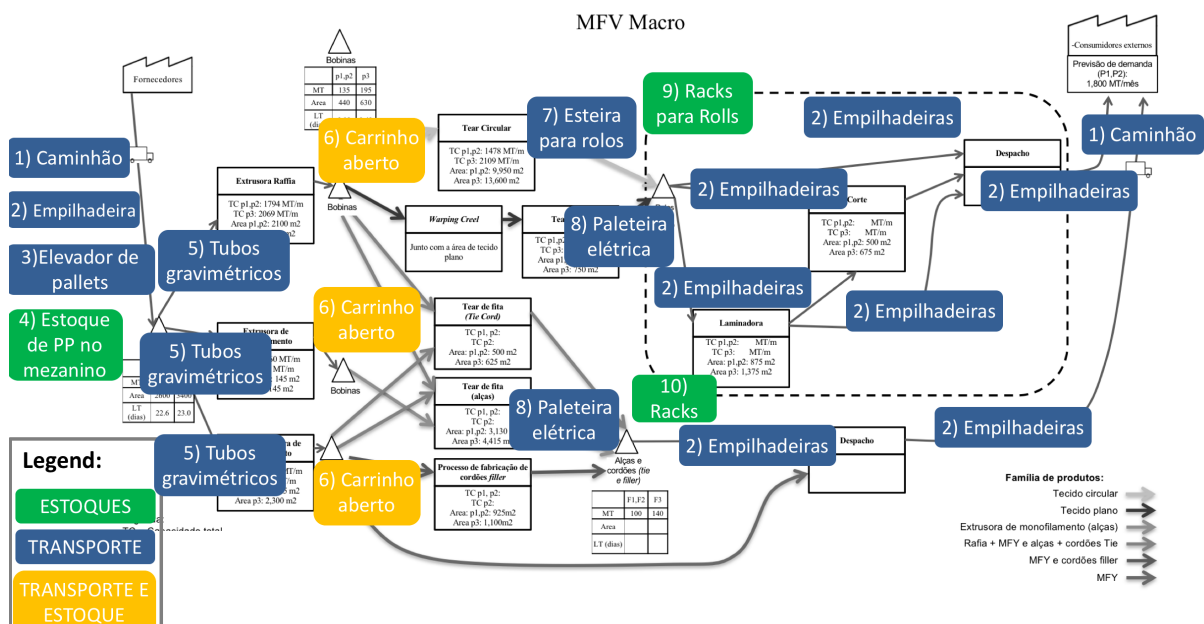
Quadro 4 - Alternativas para armazenamento de bobinas

	Área total (m ²)	Comentários
	366	Sem espaço entre os racks de fluxo e carrinhos de caixas
	292	Com espaço de (0,05m) entre os carrinhos
		Carrinho aberto: 20% mais eficiente em área ocupada

Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

A Figura 33 resume as propostas de transporte e estoque sugeridas pela empresa de consultoria.

Figura 33- Resumo das propostas de transporte e armazenamento



Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

Após completar os passos anteriores, a equipe de projetos iniciou o desenvolvimento de micro layouts para cada grupo de máquinas. Cada proposta foi avaliada considerando seus pontos positivos e negativos. Depois de algumas análises, foram selecionadas aquelas que melhor atendessem aos requisitos do projeto.

Posteriormente, foi realizada uma segunda avaliação para verificar a correlação e compatibilidade entre os layouts de cada máquina, com o intuito de reunir os designs num único arranjo físico.

A divisão dos micro layouts de cada grupo de máquina foi estabelecida a partir do fluxo de materiais da nova planta. As propostas foram criadas com base no fluxo de atividades dos processos. Dessa forma, obtiveram-se sete tipos de micro layouts, como pode ser visto no Quadro 5.

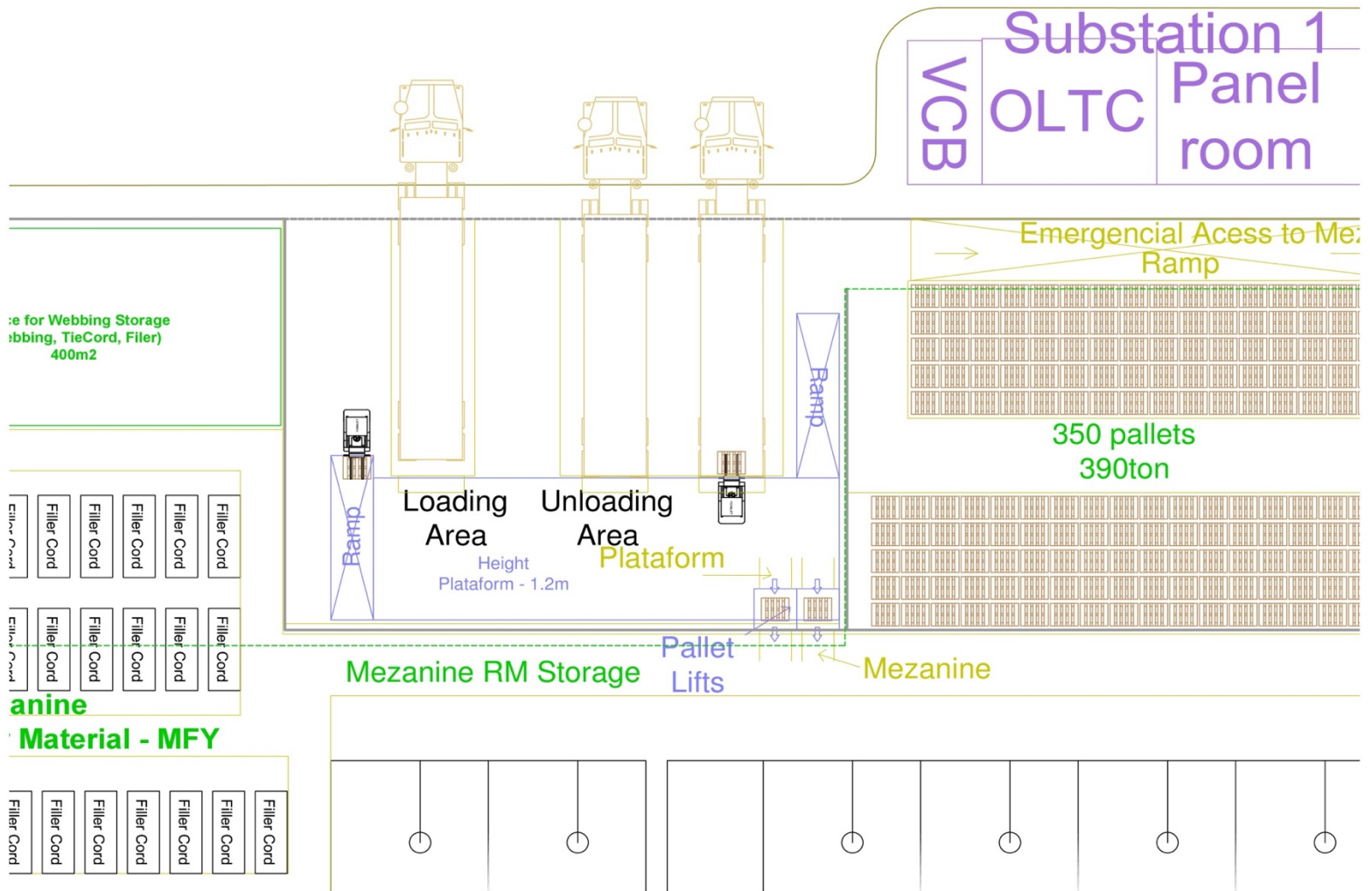
Quadro 5- Divisão de micro layouts

Micro layout	Descrição do processo
1	Descarregamento de Polipropileno
2	Carregamento/ descarregamento do mezanino e estoque
3	Extrusão e estoque de bobinas
4	MFY
5	Tear de fita
6	Tear circular
7	Laminação, corte, estoque de rolos, tear plano, e carregamento

Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

O primeiro micro layout foi concebido para alocar o processo de descarregamento de polipropileno (PP). A matéria prima é retirada dos caminhões e posicionada na área de abastecimento. A Figura 34 traz a representação desse processo.

Figura 34- Proposta de descarregamento de PP



Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

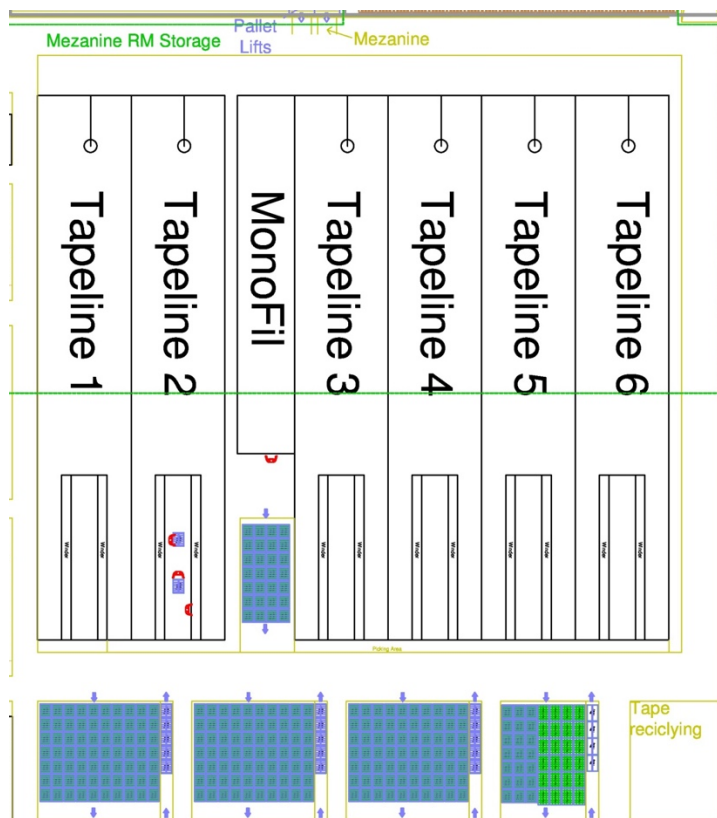
O segundo micro layout descreve como deverá ser o transporte e armazenamento do material descarregado (PP). Inicialmente, ele será levado ao mezanino através de um elevador de pallet. Ao chegar no mezanino este material permanecerá estocado até que uma ordem de pedido seja realizada. Quando solicitado, o polipropileno é transportado para uma área onde será medido a proporção de material que foi demandado. Assim, cada combinação de PP será posicionada no silo específico para alimentar os processos subsequentes. A

Figura 35 traz a representação desse processo.

O terceiro micro layout descreve o processo de extrusão. Nessa fase, as combinações de polipropileno serão convertidas em filamentos de rafia, para posteriormente serem enrolados em fitas. As saídas da extrusora deverão ser armazenadas em carrinhos e, quando os mesmos foram completamente preenchidos, eles serão levados até o estoque de fitas.

A área de armazenamento de fitas funciona como se fosse um supermercado com uma configuração do tipo FIFO (“first in, first out”), onde o primeiro carrinho a chegar no supermercado é também o primeiro a sair e abastecer as demais áreas. Os carrinhos de fitas suprem os processos subsequentes com base num sistema Kanban, de forma a otimizar o fluxo de materiais. A Figura 36 ilustra esse micro layout.

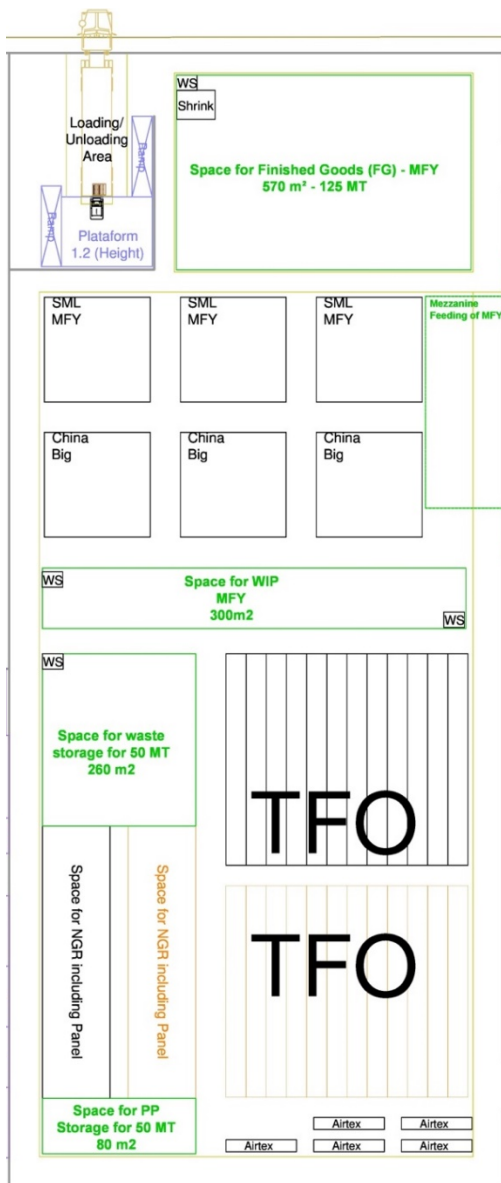
Figura 36- Proposta de micro layout extrusora e estoque de fitas



Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

O quarto layout representa uma área específica para o processo de fio de multifilamento (MFY) nas condições atuais e em condições futuras (expansões). Nesse galpão foram alocadas as máquinas de MFY e TFO (retorcedeira). Além disso, uma área destinada à recuperação de desperdícios de PP também foi apresentada nessa proposta. A Figura 37 representa esse micro layout.

Figura 37- Proposta de micro layout MFY, TFO e reprocesso

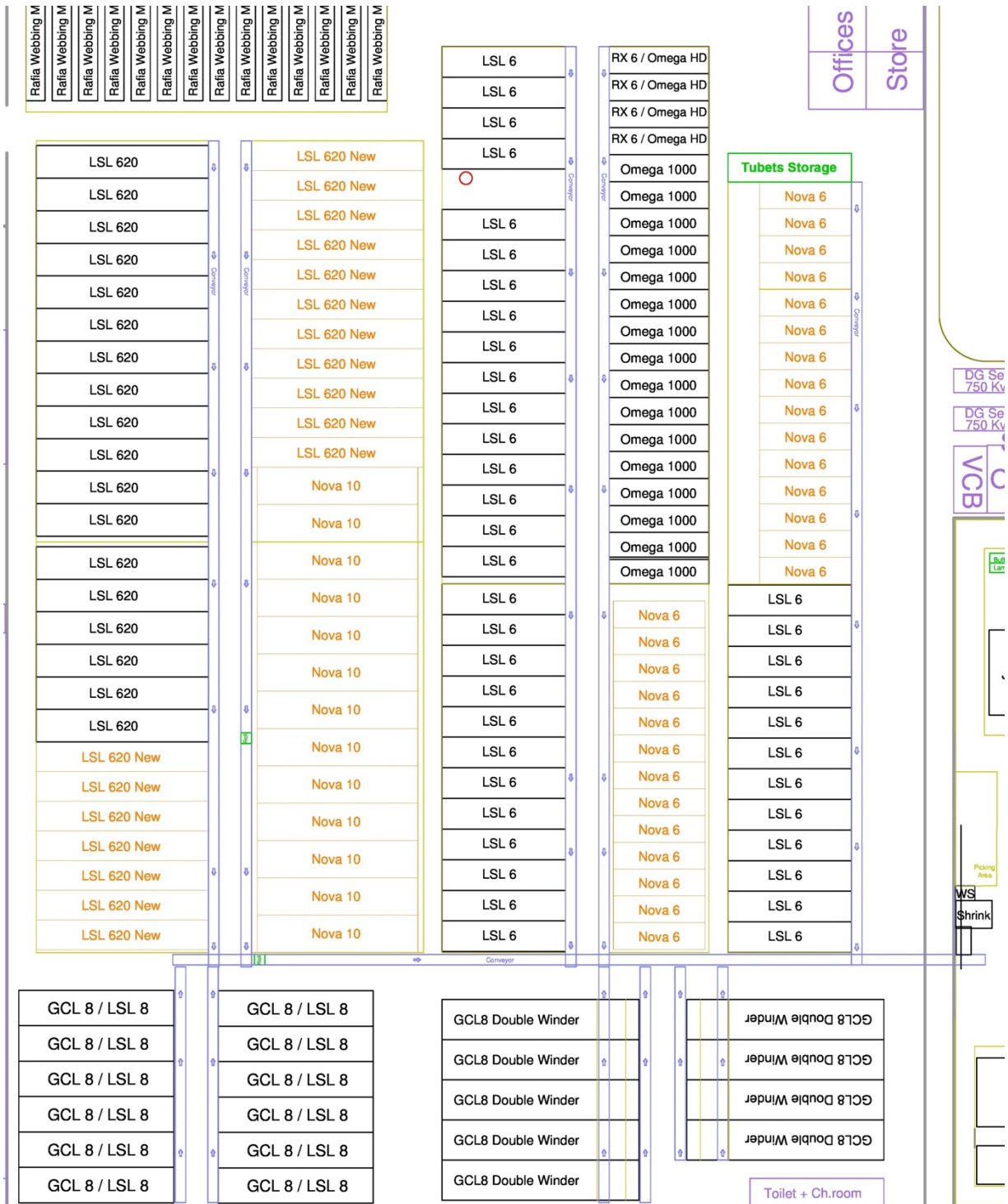


Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

O quinto micro layout representa a alocação das máquinas de tear de fita. Estas foram posicionadas próximas do estoque de fitas com o objetivo de otimizar o abastecimento. Nessa proposta foi projetado um corredor para permitir a circulação de pessoas. Também foi deixado um espaço do tamanho de um pallet na parte traseira de cada tear, e um outro corredor foi criado para garantir o transporte da máquina para o estoque de produto acabado. A Figura 38 ilustra esse micro layout.

O sexto micro layout corresponde à proposta para alocação das máquinas de tear circular. Nesse arranjo, diferentes modelos de máquinas foram posicionados em paralelo para otimizar o espaço. Além disso, foi deixado um corredor largo para a saída de rolos e um corredor menor para a chegada de carrinho com fitas. Os produtos acabados serão transportados por esteiras até o rack de rolos. A Figura 39 representa essa proposta.

Figura 39- Proposta de micro layout de tear circular



Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

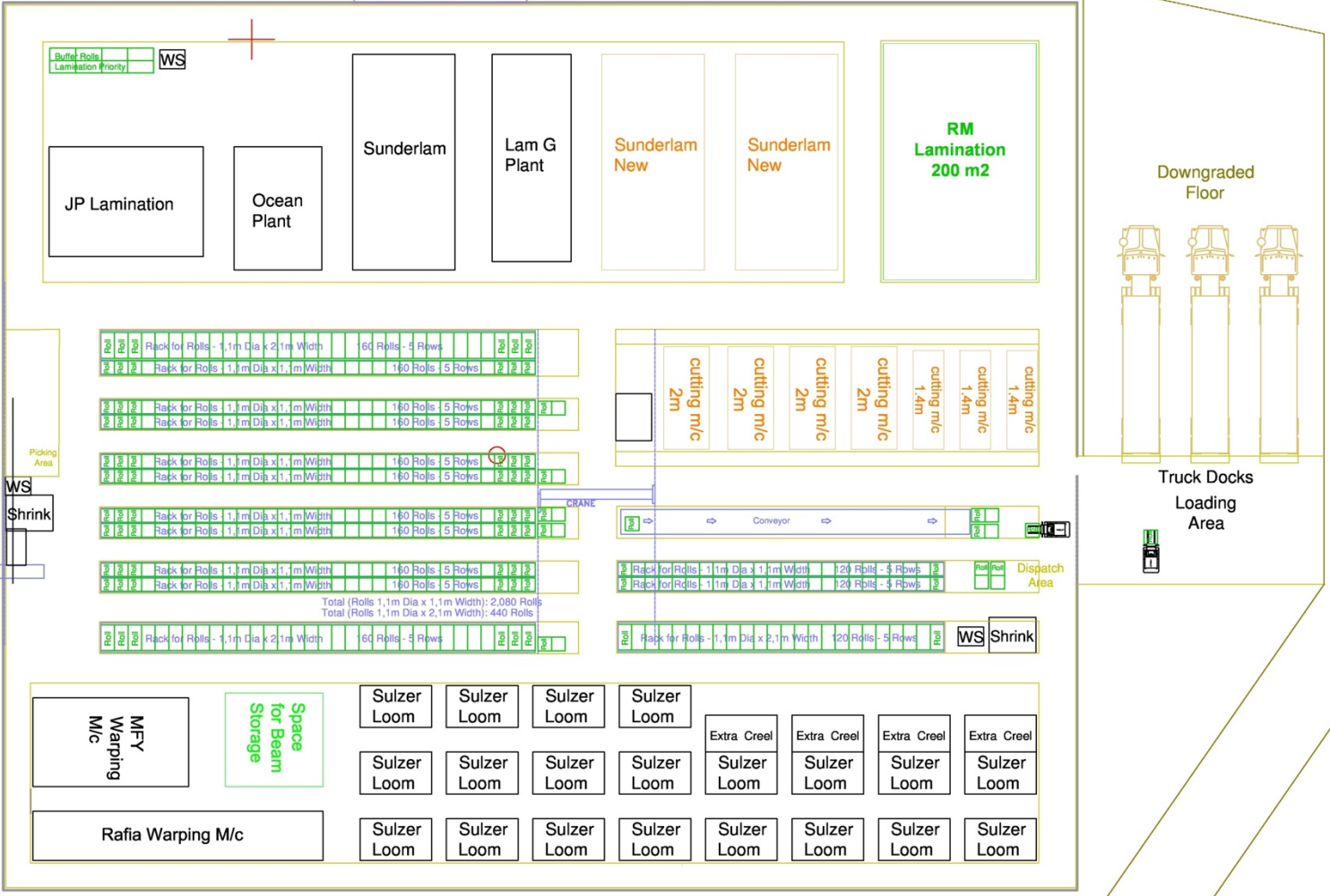
O último micro layout representa um conjunto de processos, incluindo: armazenamento de rolos, laminação, corte, tear plano e despacho.

Os rolos provenientes do tear circular são encaminhados para o estoque. As máquinas de laminação (tanto antigas quanto as novas) foram alocadas numa posição paralela ao estoque de forma a permitir um fornecimento de matéria prima interrupto, enquanto as máquinas de corte foram posicionadas próximas aos racks de rolo e às laminadoras.

Com relação ao posicionamento das máquinas de tear plano, estas foram colocadas mais próximas do estoque de rolos do que o de fitas, uma vez que a demanda de bobinas desse processo é bem menor quando comparada com as demais famílias, e ainda a demanda de rolos é bem maior e exige um transporte delicado.

Os rolos armazenados no estoque são direcionados para o corte e laminação e, posteriormente, são movidos para a área de despacho. Além disso, nessa proposta foi deixado um espaço para carregamento e uma área externa de despacho, conectada através de uma doca, por onde as empilhadeiras transportarão os produtos acabados até o caminhão. A Figura 40 representa esse micro layout.

Figura 40- Proposta de micro layout laminação, corte, estoque de rolos, tear plano e carregamento



Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

Após analisar cada uma das propostas de micro layout específicas de cada processo, foi realizada uma segunda avaliação para determinar a correlação e compatibilidade entre os designs. Dessa forma, pôde-se criar um novo layout para alocar todos os processos da planta em um único modelo, onde foi reunido os pontos positivos de cada proposta, com o intuito de otimizar o fluxo de materiais e transporte. A Figura 41 abaixo traz a representação do micro layout final.

O arranjo físico evidenciado na proposta de micro layout final trouxe ganhos consideráveis em relação à redução do fluxo de materiais, conforme visto na Tabela 2 a seguir:

Tabela 2 - Dimensão do fluxo de materiais do diagrama spaghetti futuro

Família de produto	Dimensão atual(m)	Dimensão futura (m)	Redução (%)
Fluxo tecido circular	513	340	34%
Fluxo tecido plano	519	410	21%
Fluxo tear de fita e monofilamento	408	220	46%

Fonte: Desenvolvido pela equipe de projetos

5.4 Análise crítica dos resultados

Este projeto teve por objetivo a criação de um layout do tipo Greenfield para uma empresa indiana da indústria têxtil. O desenvolvimento do arranjo físico foi baseado em alguns princípios do pensamento enxuto e na aplicação da metodologia DMAIC, a fim de gerar uma proposta que otimizasse o fluxo de materiais e de transporte na nova planta produtiva.

Como foi mencionado anteriormente, a ferramenta DMAIC foi utilizada de forma adaptada (incluindo apenas as fases: definir, medir e analisar). Sendo assim, o projeto em questão não incluiu a fase de implementação e controle dos resultados, e por essa razão, não será possível comentar sobre os impactos do novo layout durante sua fase de aplicação prática.

Todavia, pode-se mencionar os resultados esperados com a utilização do layout proposto:

- Distribuição de fluxos produtivos otimizada;
- Prevenção de crescimento orgânico;
- Fluxos orientados;

- Menor distância percorrida no fluxo de materiais;
- Redução de movimentações de pessoas e materiais;
- Alocação de toda cadeia produtiva em um único galpão;
- Menor número de movimentações com estoque (carregamento/descarregamento);
- Melhor utilização das capacidades produtivas;
- Áreas planejadas para posicionamento de maquinário (remoção/ alocação);
- Redução de atividades que não agregam valor;
- Menor lead time;
- Áreas planejadas para expansões futuras (horizonte 5-7anos);
- Redução de custos com cabos elétricos utilizados na extrusão;
- Redução na metragem de parede linear construídas;

6. CONCLUSÕES FINAIS

O presente trabalho consistiu no desenvolvimento de um layout Greenfield, com base em princípios e técnicas de manufatura enxuta, para uma indústria indiana, produtora de sacos de ráfia. O projeto foi conduzido com o objetivo de criar uma proposta de design a fim de otimizar o fluxo de recursos na nova planta, considerando também as questões religiosas da cultura indiana.

Ao longo de sua execução, foram geradas propostas com base na aplicação da metodologia DMAIC. Inicialmente, foi definido o escopo e objetivo do projeto, em seguida, passou-se a realizar a coleta de dados sobre capacidade e demanda. Com essas informações pôde-se desenvolver os mapas de cadeia de valores (MFV) para cada família de produto.

Posteriormente, algumas técnicas de desenvolvimento de layout foram utilizadas (mapa de correlação de áreas, diagrama de spaghetti, diagrama de relações das atividades). Tais técnicas facilitaram o entendimento da intensidade do fluxo de materiais entre cada área, e assim, contribuíram para geração de ideias que otimizassem o fluxo dos recursos, aproximando processos de maior intensidade e afastando aqueles de menor fluxo. Finalmente, foi possível iniciar as primeiras propostas de macro layout a partir da reorganização dos blocos de áreas dentro da planta.

Após encontrar uma alternativa de macro layout que atendesse aos requisitos do projeto, passou-se a trabalhar sobre as propostas de micro layout. O primeiro passo dessa fase foi definir como seria o transporte e o armazenamento de materiais. O segundo passo consistiu na criação de várias propostas de micro layout individuais para cada processo de acordo com as famílias de produtos. O terceiro e último passo foi reunir as propostas individuais em um único layout que incorporasse todos os pontos positivos de cada design individual.

Como o trabalho em questão não incluiu a fase de implementação, ainda não se pode afirmar sobre os resultados alcançados com o novo layout. No entanto, pode-se mencionar os ganhos esperados num momento futuro após a implementação da solução

proposta: redução em custos com transporte e movimentações, eliminação de crescimento orgânico, eliminação de desperdícios com movimentações desnecessárias, redução de gastos com adaptações no arranjo, e melhor aceitação da nova cultura organizacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOZA, F. **Melhoria de processo produtivo pela aplicação de conceitos Lean**: um estudo de caso. São Carlos: 2011. 74p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

CHAVES FILHO, J. **Aplicação da padronização do método de trabalho segundo uma metodologia baseada na produção enxuta**: um estudo de caso. São Carlos: 2007. 63p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção)- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C.A. **Administração de Produção e Operações**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

FERNANDES, G.; STRAPAZZON, R.; CARVALHO, A. **Layout de empresas e seus benefícios**. Paraná: 2013. 10p. Artigo científico- União de Ensino do Sudoeste do Paraná, 2013.

GERLACH, G. **Proposta de melhoria de layout visando a otimização do processo produtivo em uma empresa de pequeno porte**. Horizontina: 2013. 51p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) - Faculdade Horizontina, Horizontina, 2013.

HEINEN, M. **Proposta de arranjo físico baseado nos conceitos da produção enxuta para uma fábrica de estruturas metálicas**. Medianeira: 2013. 97p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going Lean: A guide to implementation.** Lean Enterprise Research Center. Cardiff, UK: 2000.

HIROYUKI, H. **JIT Implementation Manual the Complete Guide to Just-in-time Manufacturing.** 2009

HIRSCHHEIMER, F. **A integração e o uso do sistema puxado no planejamento das cadeias de suprimentos.** Campinas: 2009. 15p. Artigo científico – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

JONES, D.; WOMACK, J. **Seeing the Whole: Mapping the Extended Value Stream.** 2002

KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. **Administração de Produção e Operações.** 8ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

KUMAR, S.; SURESH, N. **Production and Operations Management (With Skill Development, Caselets and Cases).** 2008

LUSTOSA, L.; MESQUITA, M. A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. **Planejamento e Controle da Produção.** 4. ed. São Paulo: 2008.

MOURA, R. A. **Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais.** 6. Ed.rev. Instituto IMAM: São Paulo, 2008

NAZARENO, R. **Desenvolvimento de sistemas híbridos de planejamento e programação da produção com foco na implantação da manufatura enxuta.** São Carlos: 2008. 321p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

OLIVEIRA, F. **Produção enxuta e layout: Aplicações de ferramentas computacionais gráficas na construção do layout.** São Carlos: 2011. 113p. Trabalho de Conclusão de

Curso (Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

OHNO, T. **Toyota Production System: Beyond-Large Scale Production**. 1997

ORTIZ, C. ***Kaizen Assembly Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line***. 2006

OTAVIANO, A. **O uso da metodologia DMAIC para implementação de conceitos da produção enxuta**. São Carlos: 2010. 82p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

PROTZMAN, C.; MCNAMARA, J.; PROTZMAN, D. **One Piece Flow vs. Batching: A guide to Understanding How Continuous Flow Maximizes Productivity and Customer Value**. 2016

QUITÉRIO, F. **Uma análise de técnicas do planejamento e controle da produção e da filosofia lean**. São Carlos: 2010. 59p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar**. 2013

SAIA, R. **O Lean manufacturing aplicado em ambientes de produção engineer to order**. São Carlos: 2009. 89p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

SALGADO, E. et al. **Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos.** Itajubá: 2009. 13p. Artigo científico - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2009.

SANTOS, L.; GOHR, C.; SANTOS, E. **Aplicação do mapeamento do fluxo de valor para a implantação da produção enxuta na fabricação de fios de cobre.** João Pessoa. 22p. Artigo científico- Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal de Santa Catarina, João Pessoa.

SHINGO, S. **A Study of the Toyota Production System: From an industrial engineering viewpoint.** 1996

SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Operations Management.** 3ª ed. 2009

SPRAKEL, E.; SEVERIANO FILHO, C. **A evolução dos sistemas de PCP sob a ótica da engenharia de produção.** João Pessoa. 16p. Artigo científico- Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

TANCHOCO, J. **Materials Flow System in Manufacturing.** 1994

WOMACK, J.; JONES, D. **The Machine that changed the world.** 1990

WOMACK, J.; JONES, D. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas.** Ed. Campus. 5ª Edição. 1996.