

**2023**

# **TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**FAAG - FACULDADE DE AGUDOS  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



**FACULDADE  
DE AGUDOS**

# **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – FAAG FACULDADE DE AGUDOS ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - 2023**

## **SUMÁRIO**

<b>GESTÃO DE ESTOQUE: GERENCIAMENTO, PLANEJAMENTO, EXECUÇÃO E CONTROLE DOS RECURSOS ARMAZENADOS.....</b>	<b>3</b>
<b>SECADOR VERTICAL: ALTERNATIVA PARA AUMENTO DE PRODUÇÃO E MELHORA NA EFICIÊNCIA DA SECAGEM.....</b>	<b>41</b>

**BRUNO MORAES DA SILVA**

**GESTÃO DE ESTOQUE: gerenciamento, planejamento, execução e controle dos recursos armazenados.**

**AGUDOS – SP 2023**

**BRUNO MORAES DA SILVA**

**GESTÃO DE ESTOQUE: gerenciamento, planejamento, execução e controle dos recursos armazenados.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção junto à Faculdade de Agudos - FAAG sob a orientação do Prof. Me. Vinicius Iuri de Menezes.

**AGUDOS – SP 2023**

S586g

Silva, Bruno Moraes da

GESTÃO DE ESTOQUE: gerenciamento, planejamento, execução e controle dos recursos armazenados. / Bruno Moraes da Silva. -- Agudos, 2023

45 p. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Produção) \_ Faculdade de Agudos (FAAG)

1. Gestão de Estoque. 2. Armazenagem. 3. MRO. I. Título.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho única e inteiramente à minha família, que assistiu a todos os momentos, aplaudiram e que com paciência e amor me incentivaram a chegar até o fim dessa etapa da minha trajetória de vida, a etapa acadêmica e por fim minha formação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, meu ajudador nas horas de dificuldades e que me proporcionou a dádiva em buscar novos conhecimentos.

Agradeço, também, a todos os Professores que com seus conhecimentos, sabedoria e dedicação me proporcionaram novos conhecimentos que proporcionaram a finalização deste trabalho e conclusão do curso da profissão que sonhei.

Por fim, agradeço ao meu Mestre Orientador Prof. Vinícius Menezes, que se dedicou inteiramente ao meu trabalho com paciência, conhecimento, sabedoria e respeito do princípio ao fim.

E de forma geral, agradeço a todos que contribuíram para a finalização deste trabalho de forma direta e indireta.

*Aquele que habita no esconderijo do Altíssimo, à sombra do Onipotente descansará. Direi do Senhor: Ele é o meu Deus, o meu refúgio, a minha fortaleza, e nele confiarei.*  
Salmos 91.1,2.

## **RESUMO**

A crescente competitividade dos mercados no mundo globalizado força as empresas a serem cada vez mais produtivas e eficientes na utilização de seus recursos. Nesse

contexto, as cadeias de suprimentos e gestão de estoques tornam-se temas fundamentais ao bom resultado de uma empresa. Uma eficiente gestão de estoques é uma tarefa complexa e dinâmica para qualquer empresa, e a dificuldade aumenta com a variedade de itens, diferentes padrões de demandas, obsolescência e incertezas em relação ao prazo de entrega. A gestão de estoques de sobressalentes (também conhecido como estoque de Manutenção, Reparo e Operação - MRO), além de ser uma atividade estratégica para Indústrias intensivas em capital, mostrou um desafio, devido algumas peculiaridades como: altos tempos de reposição, demandas de baixo e baixíssimo giro e altos custos de aquisição. Sendo assim, o presente trabalho aborda uma pesquisa exploratória de gestão de estoque de sobressalentes em uma empresa que presta serviço e produz produtos próprios para comercialização, pois permite que o pesquisador aumente o seu entendimento sobre determinado assunto, no qual partindo de uma hipótese e, aos poucos, aprofundando-se no conhecimento de uma determinada realidade específica com a finalidade de agregar conhecimento.

**Palavras-chave:** Gestão de Estoque. Armazenagem. MRO.

### **ABSTRACT**

The growing competitiveness of markets in the globalized world forces companies to be increasingly productive and efficient in the use of their resources. In this context, supply chains and inventory management become fundamental themes for a company's good results. Efficient inventory management is a complex and dynamic task for any company, and the difficulty increases with the variety of items, different demand patterns, obsolescence, and uncertainties regarding delivery times. The management of spare parts inventories (also known as Maintenance, Repair, and Operation - MRO inventory), in addition to being a strategic activity for capitalintensive industries, is a challenge due to some peculiarities such as high replacement times, low demand, and very low turnover and high acquisition costs. Therefore, the present

work deals with exploratory research on spare parts inventory management in a company that provides services and produces its own products for commercialization, as it allows the researcher to increase his understanding of a certain subject, which, starting from a hypothesis and, little by little, deepening the knowledge of a certain specific reality in order to add knowledge.

**Keywords:** Inventory Management. Storage. MRO.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estoque nos níveis de canal de suprimento .....	20
Figura 2 - Código de estocagem - corredor do armazém .....	22
Figura 3 - Modelo de número da rua .....	22
Figura 4 - Posição horizontal dentro da posição vertical.....	23
Figura 5 - Peculiaridades da gestão MRO .....	28
Figura 6 - Modelo de embalagem .....	33



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Endereço AA.B.C.D .....	21
------------------------------------	----

### **LISTA DE SIGLAS**

- MRO - Manutenção, Reparo e Operações
- PCP - Planejamento de Controle de Produção
- AA<sup>1</sup> - Código do Almoxarifado
- B<sup>2</sup> - Número da Rua
- C<sup>3</sup> - Posição vertical
- D<sup>4</sup> - Posição horizontal dentro da posição vertical
- ABC - Análise de Pareto
- FIFO - *First in, First out*
- LIFO - *Last in, First out*
- JIT - *Just in Time*
- MRP - *material requirements Planning*
- TI - Tecnologia da Informação
- KPIs - *KEY Performance indicator*

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	14
2. Revisão Bibliográfica.....	17
2.2. Principais métodos de gestão de estoque.....	24
2.2.1 Método ABC ( Análise de pareto).....	24
2.2.2 Método FIFO ( <i>First in, First out</i> ).....	25
2.2.3 Método LIFO ( <i>Last In, First out</i> ).....	25
2.2.4 Método <i>Just in time</i> (JIT).....	26
2.2.5 Método MRP ( <i>Material requirements planning</i> ).....	26
2.2.6 Manutenção reparo operações ( MRO).....	26
2.3. Importância da gestão do estoque para as empresas.....	27
2.4. Desafios na gestão do estoque em empresas .....	28
3. Metodologia.....	31
3.1 Objetivo.....	31
3.2 A empresa.....	31
3.3 Material e procedimento.....	32
4. Discussão e melhoria.....	33

4.1 Planejamento de estoque.....	33
4.2.1 Melhoria baseado no Modelo MRO.....	34
4.3. Previsão de demanda.....	35
4.3.1 Melhoria baseado no Modelo MRO.....	36
4.4. Controle de estoque.....	38
4.4.1 Melhoria baseado no Modelo MRO.....	38
4.5. Inventário.....	38
4.5.1 Melhoria baseado no Modelo MRO.....	40
4.6. Análise de desempenho .....	40
4.6.1 Melhoria do desempenho baseado no modelo MRO.....	41
5. Considerações finais.....	42
6. Referências.....	43

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão de estoque é o processo que assegura o planejamento, a execução e o controle dos recursos armazenados dentro de uma empresa. É a área responsável por controlar e analisar a entrada, saída e movimentação de mercadorias e fornecer dados confiáveis para o setor de compras. SILVA, Bráulio Wilker (2019).

O autor ainda afirma que a empresa tem como seu principal objetivo, maximizar o lucro sobre o capital investido, sejam em fábricas, equipamentos, financiamentos de vendas, reserva de caixa ou estoques. Para atingir esse lucro máximo, a empresa deve usar o capital da melhor forma possível para que não permaneça inativo. Espera-se, então, que o dinheiro investido em estoques seja o componente necessário para produção e o atendimento das necessidades da empresa.

Segundo Pozo (2004, p.38), os estoques incorrem em custos, oneram o capital, ocupam espaço e necessitam de gerenciamento tanto na entrada como na saída. O autor ainda afirma que um dos grandes desafios enfrentados atualmente pelos administradores, independente do porte da empresa, se refere ao equilíbrio dos estoques com a demanda. O sucesso ou fracasso de muitas organizações encontra-se através da gestão de estoque, que é constituída por administração de materiais, recursos humanos e financeiros. Martins *et al* (2009) explicam que a gestão de estoques constitui uma série de ações que permitem ao administrador verificar se os estoques estão sendo bem utilizados, bem localizados em relação aos setores que deles utilizam, bem manuseados e bem controlados.

Diante desse cenário de alta competitividade em que estão inseridas as empresas, a gestão de estoque tem papel fundamental para o desenvolvimento da mesma e o uso correto do capital. Desta forma, cria-se um *trade off* importante para os gestores dentro das organizações. Dentre os vários tipos de estoque existentes, este planejamento de estudar o grupo Manutenção, Reparo e Operações (MRO), que está relacionado ao gerenciamento de todos os itens que se tornam possível o pleno

funcionamento de uma empresa, mas que não estão vinculados diretamente às matérias-primas necessárias para a execução do produto final. LARA et al, 2012

Estoques algumas vezes desviam a atenção da existência de problema de qualidade, que sua resolução é sempre demorada. Segundo Ballou (2006) críticos contestam 15% às necessidades dos estoques, na empresa consideram o mesmo como um desperdício, pois absorvem o capital que seria utilizado de maneiras mais rentáveis se destinado para melhorar a produtividade e competitividade. Estoques algumas vezes desviam a atenção da existência de problema de qualidade, que sua resolução é sempre demorada. Por fim, os estoques promovem uma atitude de isolamento sobre o gerenciamento global da cadeia de suprimentos, ou seja, máscara os problemas que a empresa tem em alguma das etapas da cadeia de suprimentos.

Para o desenvolvimento deste estudo partimos da hipótese de que, a aplicação dos conceitos relacionados à cadeia de suprimentos pode se entendido como um sistema de organização de processos, recursos, pessoas, atividades e informações que mantêm esforços para realizar o transporte de cargas e produtos. Considerando uma série de aproximações utilizadas para integrar eficazmente os fornecedores; o Planejamento de Controle de Produção (PCP) para que a mercadoria seja produzida e distribuída nas quantidades ideais; o gerenciamento dos estoques a fim de evitar desperdícios; a terceirização visando eliminar custos e o marketing como ferramenta administrativa, a cadeia de suprimentos é a forma integrada de planejar e controlar o fluxo de produtos, informações e recursos desde os fornecedores até o cliente final, administrando a cadeia logística de forma cooperativa e para o benefício de todos.

Com base na hipótese, o objetivo deste trabalho foi de criar e sugerir alterações no processo de gestão de estoque do almoxarifado principal de uma empresa do grupo de estoque MRO e que direcionasse ao seu aperfeiçoamento e otimização nos processos logísticos.

Do ponto de vista da sua natureza, classifica-se como pesquisa aplicada. Segundo Severino (2007), esse tipo de pesquisa tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos.

Segundo Moura (2004), estoque é considerado um conjunto de bens armazenados, com características próprias e com funções específicas, que atendem aos objetivos e necessidades que a empresa necessita. Todo item armazenado em um depósito, galpão, almoxarifado, prateleira, gaveta ou armário para ser utilizado pela empresa em qualquer de suas atividades, é considerado um item do estoque da organização.

Na mesma linha, Ballou (2006) diz que estoque são acumulações e matérias-primas, suprimento, componentes, materiais em processo e produtos acabados que surgem em numerosos pontos do canal de produção e logísticas das empresas. Estoques normalmente são encontrados em armazéns, galpões e pátios de empresas. O autor ainda afirma que o custo de manutenção do estoque pode representar de 20% até 40% do seu valor por ano. Por este motivo, administrar com cuidado os níveis de estoque é economicamente sensato. Os estoques proporcionam a muitas organizações a possibilidade de produção em massa e contínua, ou seja, vinte e quatro horas por dia. Eles estão presentes em nosso cotidiano em inúmeros lugares como, por exemplo, nas fábricas, escritórios e comércio.

Segundo Dias (2006) a meta de qualquer empresa é, sem dúvida, maximizar o lucro sobre o capital investido na fábrica, equipamentos e estoque. Para obter um lucro máximo a empresa deve evitar que esse capital investido fique inativo. O estoque tem a função de ser o combustível para que a empresa expanda e tenha uma produção capaz de atender todos seus clientes e compromissos.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Importâncias da Gestão do Estoque para as empresas**

Segundo Fleury (2007), a gestão de estoque é vista por muitos como a base da cadeia de suprimentos, sob uma perspectiva integrada com as outras atividades do

processo logístico. Uma boa definição de política de estoque depende de quatro pilares: quando pedir, quanto manter estoques de segurança e onde localizar.

Para Martins (2008), quando comprar, quanto comprar, fixar lotes econômicos de aquisição e definir estoques mínimos de segurança é decisões que podem afetar os resultados de uma organização.

Para Simchi-Levi *et al.* (2003), a Tecnologia da Informação (TI) é uma ferramenta indispensável na cadeia de suprimentos, proporcionando vantagem competitiva para muitas empresas. É preciso coletar, acessar e analisar a informação para que se possa utilizá-la. Vincular o ponto de produção com o ponto de entrega, de forma natural, consiste na principal meta da TI na cadeia de suprimentos. Mapear a informação em relação ao produto físico possibilita sua rastreabilidade, o planejamento e a estimativa dos tempos de atendimento com base em dados reais. É importante que qualquer parte interessada seja capaz de acessar a informação relativa ao paradeiro do produto.

Os sistemas de controle de estoques processam dados que refletem mudanças nos itens em estoque, como enfatiza O'Brien (2004). Após o processamento dos dados dos pedidos realizados pelos clientes, o sistema de controle de estoques registra as alterações nos níveis de estoques e prepara os documentos de expedição. Na sequência, o sistema de controle de estoques pode notificar os setores responsáveis sobre os itens que precisam ser adquiridos novamente e fornecer relatórios sobre a situação do estoque.

Beulke e Bertó (2001), apontam que manter um fluxo eficiente de entrada, estocagem e consumo de materiais é algo básico para se obter um controle de estoque. Avaliar a evolução dos consumos e insumos de materiais por classe, por grupos e por itens específicos para identificar os materiais que sofreram maior oscilação de consumo faz parte de outro controle importante.

Caso a empresa não tenha o produto ou mercadoria para oferecer ao cliente, poderá obter um lucro menor, assim como, se mantiver estoques altos, correrá o risco de vendê-los com descontos e ter prejuízos, afirma Chopra e Meindl (2003).

De acordo com Ballou (2006), os estoques funcionam como agentes amortecedores entre o suprimento e as necessidades de produção de qualquer empresa. Beneficiam os sistemas produtivos por vários motivos como: melhoram o nível de serviço; incentivam economias na produção; possibilitam economias de escala nas compras e no transporte; funcionam como proteção no aumento dos preços e protegem a empresa de incertezas na demanda e no tempo de ressurgimento Complementando Martins et al (2009), cita as principais funções de estoque como:

- a) Garantir o abastecimento de materiais à empresa, neutralizando os efeitos de demora ou atraso no fornecimento de materiais, sazonalidades no suprimento, riscos de dificuldade no fornecimento;
- b) Proporcionar economias de escalas: através da compra ou produção em lotes econômicos, pela flexibilidade do processo produtivo, pela rapidez e eficiência no atendimento às necessidades.

Para Moura (2004), estoque é considerado um conjunto de bens armazenados, com características próprias e com funções específicas, que atendem aos objetivos e necessidades que a empresa necessita. Todo item armazenado em um depósito, galpão, almoxarifado, prateleira, gaveta ou armário para ser utilizado pela empresa em qualquer de suas atividades, é considerado um item do estoque da organização.

Na mesma linha Ballou (2006) estoque são acumulações e matérias-primas, suprimento, componentes, materiais em processo e produtos acabados que surgem em numerosos pontos do canal de produção e logísticas das empresas. Estoques normalmente são encontrados em armazéns, galpões e pátios de empresas. O custo de manutenção do estoque pode representar de 20% até 40% do seu valor por ano. Por este motivo, administrar com cuidado os níveis de estoque é economicamente sensato. Os estoques proporcionam a muitas organizações a possibilidade de produção em massa e contínua, ou seja, vinte e quatro horas por dia. Eles estão presentes em nosso cotidiano em inúmeros lugares como, por exemplo, nas fábricas, escritórios e comércio.

Segundo Dias (2006), O objetivo principal de uma empresa é, sem dúvida, maximizar o lucro sobre o capital investido, seja em fábricas, equipamentos, financiamentos de vendas, reserva de caixa ou estoques. Para atingir lucro máximo, a empresa deve usar o capital da melhor forma possível para que não permaneça inativo. Espera-se, então, que o dinheiro investido em estoques seja o componente necessário para produção e o atendimento das necessidades da empresa. Os estoques incorrem em custos, oneram o capital, ocupam espaço e necessitam de gerenciamento tanto na entrada como na saída.

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente pelos administradores das empresas, independente do porte, se refere ao equilíbrio dos estoques com a demanda. O sucesso ou fracasso de muitas organizações encontra-se através da gestão de estoque, que é constituída por administração de materiais, recursos humanos e financeiros. Martins *et al* (2009) explicam que a gestão de estoques constitui uma série de ações que permitem ao administrador verificar se os estoques



estão sendo bem utilizados, bem localizados em relação aos setores que deles utilizam, bem manuseados e bem controlados.

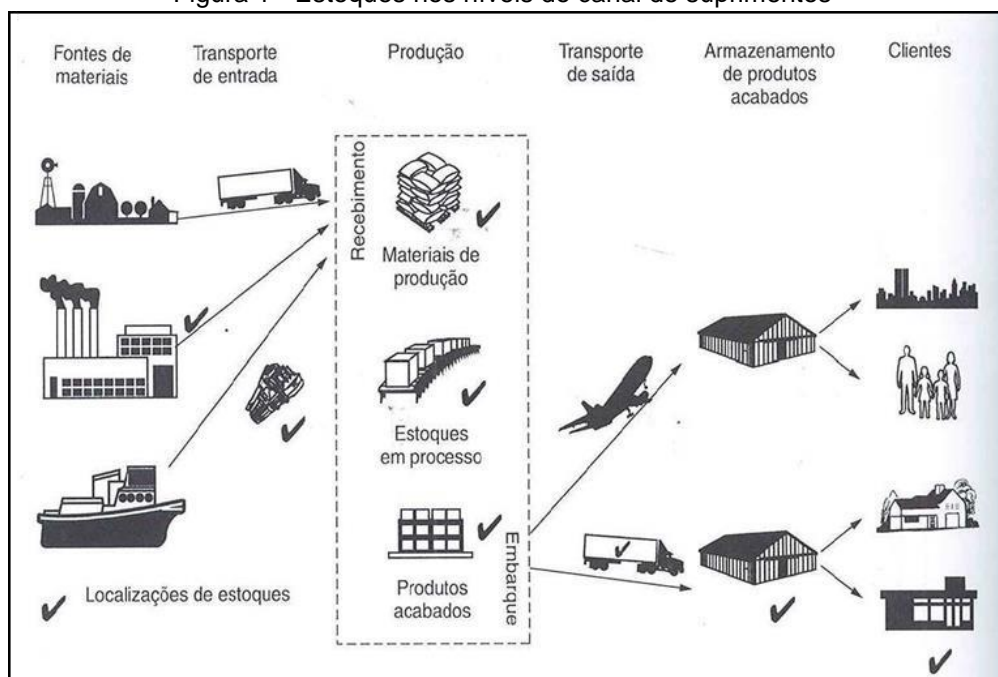
Neste cenário de alta competitividade que estão inseridos as grandes empresas, a gestão de estoque tem papel fundamental para o desenvolvimento da empresa e uso correto do capital. Desta forma, cria-se um *trade off* importante para os gestores dentro das organizações. Até que ponto é seguro e necessário manter um estoque dentro da empresa? E até que ponto isso é viável? Estes questionamentos são cada vez mais constantes e a resposta pode variar de acordo com as operações e particularidades de cada setor e de cada organização.

Dentre os vários tipos de estoque existentes, este presente trabalho vai estudar o grupo Manutenção, Reparo e Operações (MRO), devido a sua complexidade, peculiaridades e sua importância para a organização.

Moura (2004), destaca que o estoque é um conjunto de bens armazenados, com características próprias e com funções específicas, que atendem aos objetivos e necessidades que a empresa necessita. Todo item armazenado em um depósito, galpão, almoxarifado, prateleira, gaveta ou armário para ser utilizado pela empresa em qualquer de suas atividades, é considerado um item do estoque da organização.

Nessa mesma linha de pensamento Ballou (2006) apresenta em seus estudos que estoques são acumulações e matérias-primas, suprimento, componentes, materiais em processo e produtos acabados que surgem em numerosos pontos do canal de produção e logísticas das empresas, como exposto na figura 1.

Figura 1 - Estoques nos níveis do canal de suprimentos



Fonte: Ballou (2001, p.269.)

Na Figura 1, podemos observar que os estoques normalmente são encontrados em armazéns, pátios, chão de fábrica, equipamentos de transporte e em armazéns das redes de varejo. O custo de manutenção desses estoques pode representar de “20%” a “40%” do seu valor por ano. Por isso mesmo, administrar cuidadosamente o nível dos estoques é economicamente sensato.

Os estoques proporcionam a muitas organizações a possibilidade de produção em massa e contínua, ou seja, vinte e quatro horas por dia. Eles estão presentes em nosso cotidiano em inúmeros lugares como, por exemplo, nas fábricas, escritórios e comércio.

A gestão de estoque pode ser entendida também como o processo que envolve a definição do tipo de estoque a ser utilizado, as metodologias de Organização e a realização de inventário. Assim, a gestão de estoque tem como objetivo alcançar o equilíbrio entre compras, armazenamento e entregas.

De acordo com Martins *et al* (2009), a localização dos estoques é uma forma de endereçar os itens estocados no almoxarifado, para que possam ser facilmente encontrados. Atualmente com desenvolvimento da automatização dos almoxarifados a definição de um critério de endereçamento é fundamental. Dentre vários tipos de endereçamento destaca-se: Endereço: AA.B.C.D, conforme visto na tabela 1.

Tabela 1 - Endereço AA.B.C.D

AA <sup>1</sup>	Código do Almoxarifado
B <sup>2</sup>	Número da Rua
C <sup>3</sup>	Posição Vertical
D <sup>4</sup>	Posição horizontal dentro da posição vertical

Fonte: O autor (2023).

Como observamos na Tabela 1, ela é uma demonstração do procedimento da gestão de estoque de um almoxarifado, descrevendo cada procedimento que é utilizado na gestão de armazenamento da empresa.

De acordo com Viana (2002), quando a empresa não consegue encontrar o material é preciso fazer o pedido ou produzir mais, com isso a organização deixa de lucrar e fica com material estocado sem necessidade. Por isso, a organização deve

---

<sup>1</sup> Sequência: Endereço reduzido onde estão os produtos.

<sup>2</sup> Número da rua.

<sup>3</sup> Posição vertical.

<sup>4</sup> Nível ou andar - a posição horizontal dos produtos é chamada de nível ou andar.

informatizar os armazéns para que ocorra menos prejuízo e menos falhas no endereçamento do material. O autor aponta também em seus estudos que o objetivo de um sistema de localização de materiais deve ser o de estabelecer os meios necessários à perfeita identificação da localização dos materiais estocados sob a responsabilidade do almoxarifado. Deve-se utilizar uma simbologia e/ou codificação representativa de cada local de estocagem, abrangendo até o menor espaço de uma unidade de estocagem. Cada conjunto de códigos deve indicar, precisamente, o posicionamento de cada material estocado, facilitando as operações de movimentação, inventário etc.

Figura 2 - Código de estocagem (Corredor do Armazém)



**Fonte:** O autor (2023).

O código de estocagem no corredor do armazém é uma forma de identificar as diferentes posições de armazenamento dentro do armazém. Esse código é composto por uma série de letras e números que indicam a localização exata de cada produto no estoque.

Esse código é uma ferramenta importante no gerenciamento do estoque, pois permite que os operadores do armazém encontrem rapidamente os produtos desejados.

Figura 3 - Modelo de número da rua



**Fonte:** o autor (2023).

O número da rua é uma informação importante no processo de armazenagem de estoque, pois é uma maneira de identificar de forma única a localização de cada item no estoque.

Geralmente, o número da rua é utilizado em conjunto com outras informações, como o número da prateleira ou do andar, para formar um endereço completo que permite que os operadores do estoque encontrem rapidamente os produtos desejados.

Ao utilizar números de rua para identificar as posições de armazenamento no estoque, é importante ter um sistema de numeração claro e consistente para evitar confusões e erros durante a manipulação dos produtos. Também é importante manter um registro atualizado dos endereços de armazenamento em um sistema informatizado, para facilitar o gerenciamento do estoque e a realização de inventários.

Figura 4 - Posição horizontal dentro da posição vertical



**Fonte:** o autor (2023).

A técnica de armazenamento chamada “armazenamento horizontal em posição vertical” ou “armazenamento deitado” mostrada na figura 4, envolve armazenar os produtos de forma horizontal dentro de uma posição vertical, em vez de colocá-los em pé como normalmente seria feito.

Esse modelo de armazenamento é frequentemente usado em armazéns e depósitos com a finalidade de maximizar o espaço do armazenamento disponível. Ao colocar horizontalmente dentro da posição vertical, é possível empilhá-los mais alto do que se estivessem em pé, o que significa que mais produtos muitas vezes podem ser armazenados em um espaço menor. Esse tipo de armazenamento também pode ser muito útil para produtos que são frágeis ou volumosos demais para serem armazenados em pé

## **2.2 Principais métodos de gestão de estoque**

A gestão de estoque é uma atividade essencial para empresas que vendem produtos físicos. Um estoque bem gerenciado pode contribuir para a satisfação do cliente, aumento da lucratividade e otimização dos processos internos da empresa.

Viana (2002) mostra que o método de gestão de estoque é um conjunto de técnicas e práticas utilizadas para controlar a entrada e saída de produtos ou materiais em uma empresa, visando garantir que haja disponibilidade de estoque suficiente para atender à demanda dos clientes, sem que ocorram excessos ou falta de produtos.

Existem diferentes métodos de gestão de estoque que podem ser aplicados, no qual a escolha para utilização depende do tipo de produto, das necessidades do negócio em si e do orçamento disponível.

### **2.2.1 Método ABC (Análise de Pareto):**

Também conhecido como Regra 80/20, Curva ABC ou, ainda, Diagrama de Pareto, a Análise de Pareto é um esquema, geralmente em forma de gráfico de colunas, que agrupa e ordena a frequência de determinadas ocorrências. Tudo é feito com base em uma ideia bem simples: de que 80% das consequências advêm de 20% das causas. Pozo (2016).

Como vantagens, mostra que o rateio de informações do custeio ABC se reduz às atividades relevantes ao processo produtivo. Através dele, é possível alocar os custos à cada atividade, para então distribuí-los aos produtos, reduzindo a necessidade de rateios arbitrários. Enquanto nas desvantagens mostra que: a necessidade de reorganizar a empresa para ser implementado; algumas informações são difíceis de extrair; dificuldade de integração com outros departamentos;

O grande objetivo do Método ABC é criar informações para tomada de decisão visando melhorar a competitividade das empresas.

### **2.2.2 Método FIFO (*First in, First out*)**

O FIFO significa "*First In, First Out*", ou seja, "Primeiro a entrar, primeiro a sair". Ele refere-se ao primeiro item ou produto dentro da sua empresa a chegar e assim, o primeiro a sair. Por exemplo, o primeiro sabão em pó que vai para a prateleira naturalmente pode ser o primeiro a deixar o mercado (JENSEN et al., 2013).

Por isso, o FIFO é frequentemente usado na contabilidade, onde se refere a um método de controle de estoque baseado na suposição de que as mercadorias são vendidas ou usadas na mesma ordem cronológica em que são recebidas. A vantagem principal desse método é sua simplicidade. Pois o sistema operacional faz o reescalonamento apenas quando é absolutamente necessário, ou seja, quando a sobrecarga está pequena. Todavia, o FIFO peca por desconsiderar a utilização de uma página, ou seja, a página apontada como primeira da fila pode ser uma página acessada muito frequentemente ou que será necessária em breve. No qual, substituí-la provocará uma falta de página, ou seja, a escolha da página lógica vítima foi inadequada, afirma Oliveira (2004).

### **2.2.3 Método LIFO (*Last in, First out*):**

O termo LIFO vem do inglês *last in, first out*. De acordo com o significado, a lógica desse modelo de movimentação em estoques determina que o último produto a entrar deve ser o primeiro a sair. Uma questão para o sucesso do sistema está relacionada à validade das mercadorias. JENSEN et al., (2013).

Fazer uso desse método, traz as vantagens de: aumento de controle sobre a entrada e saída de produtos; possibilidade de acompanhar com precisão, como estão as vendas de todos os lotes de produtos adquiridos; melhoria da precificação e permite melhor acompanhamento da inflação.

Chiavenato (2014), Gonçalves (2016), Silva (2019) afirmam que o método LIFO não é útil para aplicar em produtos com prazo de validade curto, uma vez que podem traduzir-se em perdas, prejuízos e, conseqüentemente, aumento dos custos e diminuição do lucro da empresa. Normalmente, traz resultados mais baixos para a empresa.

### **2.2.4 Método *JUST IN TIME* (JIT):**

O sistema *just in time* ajuda no gerenciamento dos processos encontrados ao longo da cadeia produtiva. Sua determinação máxima é que nada deve ser produzido, transportado, vendido ou adquirido antes da hora. Assim, apenas se recebe as mercadorias quando elas são necessárias. Guimarães *et al.* (2008).

Tem como vantagens, fazer a redução de desperdícios e prejuízos. Além disso, ele contribui para a melhoria contínua, aumenta a competitividade da empresa, aperfeiçoa processos e elimina erros da linha de produção.

Se acaso o fornecedor não entregar a mercadoria em tempo hábil e conforme as especificações, isso poderá atrapalhar seriamente o processo de produção.

### **2.2.5 Método MRP (*Material Requirements Planning*)**

O MRP (*Material Requirement Planning*) faz a gestão da necessidade de materiais dentro de um processo de fabricação. Este conceito nasceu na década de 60 e hoje é tratado como MRP I, ou seja, gestão da fabricação com base nos recursos de materiais necessários para atender a produção. Slack *Et al* (2009).

O MRP tem como vantagens, de manter um nível ideal de estoque de peças e materiais, reduzindo os custos de manutenção de estoque. No processo, isso reduz e aperfeiçoa os custos de estoque.

Desvantagens do sistema MRP é que constantemente precisam de reprogramações, não possui módulos de cálculo restritivos, ou seja, não consegue planejar capacidades para o sistema produtivo que seja factível com os sistemas reais. Falta de parametrização.

### **2.2.6 Manutenção, Reparos operações (MRO)**

É comum as empresas manterem foco principal na gestão de matéria prima e esquecem que o grupo MRO representa um grande volume nas compras mensais, além do fato de não se mensurar corretamente os prejuízos que a falta do MRO pode ocasionar na empresa.

Este grupo de materiais é composto, basicamente, por peças de reposição de equipamentos, manutenção e operação de instalações, materiais de escritório e consumo e constitui parte significativa do estoque geral de grandes indústrias de transformação.

A problemática da gestão de estoques de peças e subcomponentes para MRO (manutenção, reparo e operação), que apresentam características e perfil e demanda distintos dos produtos acabados (LARA *et al*, 2012). Esses tipos de peças

representam uma grande parcela dos custos relativos aos estoques e uma grande complexidade de gestão.

Segundo Wanke (2011, p. 206-207) escreve a respeito disso e afirma que “Os estoques de peças de reposição também podem responder por uma das maiores parcelas dos custos corporativos em empresas de diferentes indústrias. No setor automobilístico, por exemplo, os custos anuais de oportunidade, armazenagem, depreciação, seguro e movimentação de peças de reposição variam entre 25% e 35% do valor contábil de todos os estoques de uma empresa típica.”

Saggiaro, Martim e Lara (2008) abordam a complexidade de gerir estoques de peças de reposição conforme mostra a figura 3. Justificam a partir das características particulares delas como criticidade para a operação (custo da falta), pouca oferta de fornecedores qualificados, alto tempo de reposição, imprevisibilidade da demanda, baixo giro de estoques, entre outros. Lara e Rodrigues (2012) comentam que são essas características que aumentam a complexidade dos cálculos para a melhor definição dos níveis de estoque ideais, dado que as abordagens usuais apresentam uma baixa aderência às situações reais e tendem a colocar mais estoque do que o necessário e vice-versa.

Figura 5 - Peculiaridades da gestão de MRO





**Fonte:** Adaptado de Saggioro, Martin e Lara, (2008, p.82-88).

Para empresas que investem uma boa parcela do seu capital em estoques e que têm os custos de manutenção relevantes em seus orçamentos anuais geralmente dedicam esforços extras para garantir um maior controle de estoque de peças de reposição (Lara *et al.* 2012) e um controle de custos.

### **2.3 Desafios na Gestão do estoque em empresas**

A gestão de estoque é uma atividade fundamental em qualquer empresa, independentemente do seu tamanho ou setor de atuação. Uma gestão eficiente de estoque permite que as empresas tenham uma visão clara sobre o que está em estoque, o que está saindo, o que precisa ser repostado, além de controlar a qualidade dos produtos e garantir que os pedidos dos clientes sejam atendidos de forma adequada. No entanto, a gestão de estoque também apresenta desafios, como a falta de visibilidade, integração com outros sistemas, erros na precisão de demanda, falta de controle de qualidade, ineficiência na gestão de pedidos e falta de estratégia de gestão de estoque.

Um dos principais desafios na gestão de estoque é a falta de visibilidade. Ocorre quando a empresa não tem um sistema ou processo claro para monitorar os níveis de estoque em tempo real. Sem essa visibilidade, a empresa pode acabar comprando mais do que precisa ou ficar sem estoque de um produto essencial. Para superar esse desafio, é importante investir em tecnologias que possibilitem o controle em tempo real do estoque, como a utilização de softwares de gestão de estoque. Além disso, é fundamental que a equipe responsável pelo estoque tenha acesso a informações

precisas sobre as quantidades e prazos de entrega dos produtos, de forma a garantir que as decisões de compras e reposições sejam baseadas em dados confiáveis.

Outro desafio na gestão de estoque é a falta de integração com sistemas da empresa, como o sistema de gestão de vendas, finanças e produção. Sem essa integração, as informações podem ficar fragmentadas, dificultando a tomada de decisões. Para solucionar esse problema, é importante investir em soluções de integração de sistemas que permitam o compartilhamento de informações em tempo real. Dessa forma, as áreas da empresa podem ter acesso às informações de estoque de forma mais ágil e assertiva, facilitando a tomada de decisões e a identificação de oportunidades de melhoria.

A previsão de demanda imprecisa, pode levar a uma série de problemas, como excesso de estoque de produtos que não vendem ou falta de produtos que têm alta demanda. Para lidar com esse desafio, é importante utilizar dados históricos de vendas, realizar pesquisas de mercado, monitorar tendências e estar atento às sazonalidades. Dessa forma, é possível fazer uma previsão de demanda mais precisa e, conseqüentemente, realizar compras mais assertivas e evitar desperdícios.

O controle de qualidade é essencial em qualquer processo produtivo, e na gestão de estoque não é diferente. A falta de controle de qualidade pode levar a problemas como produtos danificados, vencidos com um processo de inspeção de qualidade rigoroso e bem definido. Isso pode incluir testes de qualidade, inspeções visuais, monitoramento de prazos de validade e controle de temperatura para produtos perecíveis. Além disso, é fundamental que a equipe responsável pelo estoque esteja treinada e capacitada para identificar e reportar problemas relacionados à qualidade dos produtos.

A ineficiência na gestão de pedidos pode levar a problemas como atrasos na entrega e insatisfação dos clientes. Para solucionar esse problema, é importante investir em um sistema de gestão de pedidos eficiente, que permita a rápida identificação dos pedidos em aberto, a monitoração do status de cada pedido e a comunicação clara com os clientes. Além disso, é importante contar com processos bem definidos para o armazenamento e separação dos produtos, de forma a agilizar o processo de separação e envio dos pedidos.

Por fim, a falta de uma estratégia clara de gestão de estoque pode levar a problemas como falta de planejamento, excesso de estoque, desperdício de recursos e perda de oportunidades de negócio. Para solucionar esse desafio, é fundamental que a empresa desenvolva uma estratégia de gestão de estoque que leve em conta fatores como a demanda dos clientes, as sazonalidades, as tendências do mercado e a

capacidade de produção da empresa. Além disso, é importante que a empresa defina indicadores de desempenho claros para a gestão de estoque, de forma a monitorar e avaliar constantemente o desempenho e realizar ajustes quando necessário.

### **3. METODOLOGIA**

A metodologia utilizada para esse trabalho foi pesquisa exploratória com caráter bibliográfico. De acordo com Gil (1999) tendo como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar, envolvendo levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de caso. E é exploratória segundo Trivinos (2007, p. 109), pois permite que o pesquisador aumente o seu entendimento sobre determinado assunto, no qual partindo de uma hipótese e, aos poucos, aprofundando-se no conhecimento de uma determinada realidade específica com a finalidade de agregar conhecimento.

Foram criados fluxogramas para mostrar o fluxo do processo, responsáveis e falhas em cada processo. Após a identificação dos gargalos no processo, foram

exploradas teoricamente diversas ferramentas que podem ser aplicadas aos sistemas de gestão de estoques para tornar o sistema mais preciso e fornecer metrologia de desempenho. O MRO se destaca entre as principais ferramentas.

### **3.1 Objetivo**

O objetivo deste trabalho foi de criar alterações no processo de gestão de estoque do almoxarifado principal da empresa em estudo do grupo de estoque MRO que levem ao seu aperfeiçoamento e otimização nos processos logísticos.

### **3.2 A empresa**

A ZA Produtos e Serviços surgiu em 1998 atuando nas áreas de prestação de serviços de Caldeiraria, Usinagem, Manutenção, Montagens Industriais, Elétricas e Mecânicas.

Em conjunto com a prestação de serviços a empresa viu como oportunidade de crescimento a fabricação de itens automotivos, tais como cavaletes de várias opções de potência (para veículos de pequeno e grande porte), carrinhos diversos com rodas maciças e pneumáticas remoção de cilindros diversos, rampas para veículos com 90° e 180°, marreta dinâmica e descolador de pneus, sendo os pioneiros na cidade nesta modalidade de produtos.

A ZA está situada em Bauru/SP, atualmente com 15 funcionários especializados para fabricação dos produtos e prestação de serviços.

### **3.3 Materiais e Procedimento**

Devido algumas reclamações de Clientes no momento da entrega, das quais apontaram defeitos no acabamento dos produtos, tais como: arranhões, lascas nas pinturas, rodas soltas e até pequenos amassados nas partes tubulares e achatadas dos produtos, iniciou-se um sistema de inspeção de produtos antes das entregas dos pedidos de compras e foram anotados alguns problemas de embalagem e armazenamento: erro na posição das embalagens fazendo com que os produtos fiquem em movimento dentro das caixas e assim foram encontrados os problemas relatados pelos Clientes. Aproveitando a mesma inspeção, encontramos problemas nas fitas adesivas que estavam tampando os códigos de barras ocasionando a dificuldade no momento de dar baixa no sistema SAP.

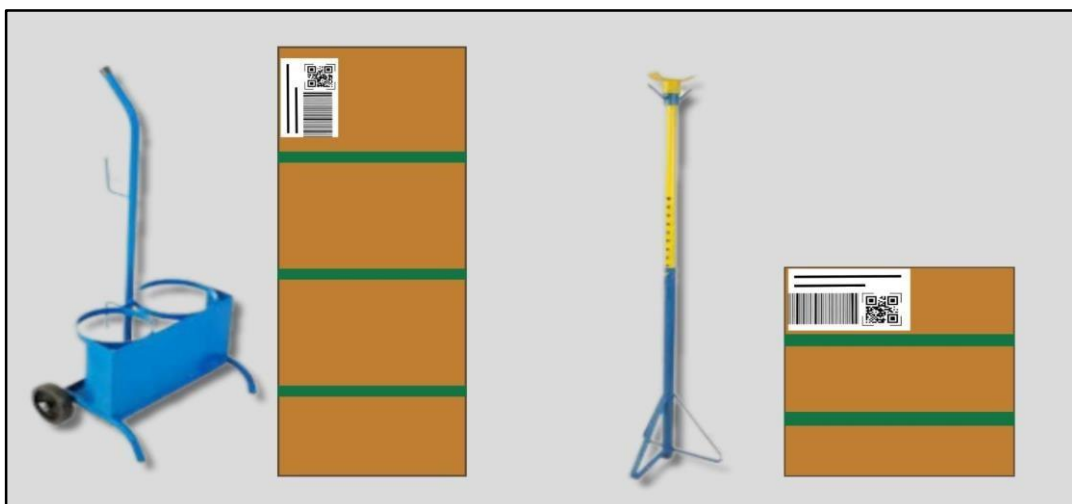
Geralmente nos finais de semana e feriados identificamos, também, grande quantidade de *delay* com sistema SAP, tais como: travamento na emissão de etiquetas

fazendo com que os produtos fossem armazenados sem que fossem inseridos no sistema gerando retrabalho.

#### 4. DISCUSSÃO E MELHORIA

Para melhoria foi feito alguns reparos nas máquinas de embalagem, padronizando sistema nas medições corretas, evitando ser fitado em cima do código de barras, e centralizando a posição da embalagem, também foi colocado um layout dos produto no maquinário de embalagem para ilustrar o procedimento correto, conforme a figura 6.

Figura 6- Modelo de Embalagem



Bueno (2018) explica que a logística empresarial atua com três pilares básicos para o processo de gerenciamento da empresa: planejamento, definição de estratégias e melhorias de processo.

Dessa forma, uma gestão efetiva é aquela que assegura qualidade no serviço com custo logístico mínimo, as empresas estão sendo direcionadas a reduzir o nível de estoque por meio de alianças, melhorias no relacionamento e aplicando conceitos de abastecimento (BALLOU, 2014).

#### **4.1 Planejamento de estoque**

As tarefas diárias são divididas entre prestação de serviços e produção de fábrica dos itens mencionados. Os colaboradores estão divididos por grupos para que seja possível atender a todos os clientes incluindo serviços e produtos. O foco da empresa é a produção de produtos próprios, ampliando a carteira de clientes.

As remessas de produtos são planejadas prevendo a quantidade de demanda que Clientes já conhecidos fazem seus pedidos. Exemplo: Se o Cliente X faz um pedido com a quantidade de 50 unidades de cavaletes por mês, sabe-se que deve-se manter em estoque uma quantidade maior para atender o Cliente Y e possivelmente novos Clientes. Os estoques são controlados pelo sistema SAP, onde tudo que entra e sai são lançados nele, sabendo assim a hora certa de iniciar novas remessas de produção.

Os itens ficam armazenados em galpão fechado e etiquetados com códigos de barras para melhor controle do sistema. Sendo eles separados por tipo e tamanho.

##### **4.1.1 Melhoria baseado no modelo MRO**

É definir padrões mínimos de referência com os quais seu estoque pode ser medido. Configurar e monitorar indicadores-chave de desempenho ajuda a prever tendências no uso de MRO e oferecer sugestões apropriadas sobre como manter o processo funcionando de forma eficiente.

Os principais Key performance indicator (KPIs) que você deve considerar são:

- estimativa de gastos com itens de MRO;
- dados de desempenho do fornecedor;
- vida útil do estoque atual;
- aumento da utilidade do material versus taxa de reabastecimento;

- quantidade de estoque de MRO desatualizado;
- número total de rupturas de estoque.

Santos e Rodrigues (2006) apontam que a utilização de estoques é extremamente importante para manter a competitividade das empresas, pois melhoram o nível de serviço oferecido por elas.

O estoque possui objetivos de redução de custo:

Estabelecer os níveis de estoque e sua localização é apenas uma parte do problema do controle de estoque. Considerando esse objetivo mais amplo, uma questão crítica é balancear os custos de manter e de pedir estoque, porque esses custos têm comportamentos conflitantes. Quanto maiores as quantidades estocadas, maiores serão os custos de manutenção. Quanto maior for a quantidade do pedido, maior será o estoque médio e mais alto será o custo de mantê-lo. No entanto, se maiores quantidades forem solicitadas, menos pedidos e suas consequentes entregas ocorrerão e, por consequência, menores custos de aquisição. (CHING, 2014, p.15)

Ching (2014, p. 16) estabelece ainda que os estoques possuem objetivos de nível de serviço. Às vezes, a dificuldade em estimar os custos de faltas leva ao estabelecimento de um objetivo ligeiramente diferente para o controle de estoque. Ao fixar a disponibilidade conforme a política de que, por exemplo, “98% dos pedidos de um item qualquer devem ser atendidos em 48 horas”, devem ajustarse os custos de manter e de pedir de modo que sua soma seja minimizada. Aumentar a disponibilidade em apenas alguns pontos percentuais, por causa de pressões da área de vendas, tem um efeito dramático no capital investido em estoque. Uma vez que o nível de estoque cresce explosivamente com disponibilidades elevadas, o nível de serviço utilizado, na maioria das vezes, é menor que 100%. Deve-se obter o maior equilíbrio possível entre a produção e o custo total de estoque, de um lado, e o nível de serviço prestado aos clientes, de outro lado.

Contratar o nível de estoque tem seus riscos associados. Nunca se tem certeza da quantidade a ser solicitada pelos clientes e da quantidade a ser enviada para armazenagem. Para complicar ainda mais a situação, não é possível prever com exatidão quando chegarão os suprimentos para iniciar a produção e abastecer os estoques. Uma das primeiras questões consideradas no controle de estoques é a previsão de vendas futuras, da demanda, bem como a estimativa do tempo de ressurgimento (lead time), desde a colocação do pedido no fornecedor, sua produção até a chegada do material em nossas instalações (CHING, 2014, p. 16).

A empresa deve mapear com exatidão, fornecedor a fornecedor, o tempo que o fornecedor necessita para processar pedido, programar a produção, se necessário (e em qual situação), produzir e o tempo de despacho do material.

## **4.2 Previsão de demanda**

As demandas são semanais, os pedidos de compras chegam e a produção fabrica os itens durante 04 dias para cumprir com os prazos e no 5º dia os produtos são entregues com veículos próprios. Todos os itens são vendidos conforme as Leis vigentes através de notas fiscais.

### **4.2.1 Melhoria baseado no modelo MRO**

É invariavelmente mais eficiente armazenar suprimentos em um local central por instalação, em vez de mantê-los em vários lugares não identificados. Por isso, é importante ter sistemas de computador para rastrear, gerenciar e controlar o estoque. Por meio de dados e custos de transação, é possível dimensionar corretamente os itens, de acordo com os padrões de desempenho da cadeia de suprimentos.

Dividir o estoque em classes ou tipos facilita o controle do mesmo. Para Ballou (2014, p. 209): “uma das melhores maneiras de classificar estoques é segundo a natureza de sua demanda. Esta pode ser permanente, sazonal, irregular, em declínio e derivada”.

Demanda permanente: muitos produtos têm ciclo de vida muito longo, de forma que parecem que vão ser comercializados para sempre. Mesmo produtos que devem ficar no mercado por no máximo cinco anos devem ser considerados produtos de demanda constante. Tal caso ocorre quando não existem grandes picos ou vales de consumo ao longo de um ano (BALLOU, 2014).

Para Mancuzo (2003), a demanda permanente é a qual apresenta produtos com tempo de vida longo no mercado, mantendo-se constante, ausentando-se de longas oscilações durante o ano. Contudo, este tipo de demanda requer que a reposição do estoque seja realizada periodicamente, podendo determinar um nível de estoque para reposição.

Estoques para demanda permanente são aqueles que requerem ressuprimento contínuo ou periódico. O controle de estoques orienta-se para (1) a previsão de demanda de cada item do inventário, (2) a determinação de quando o ressuprimento deve ser efetuado e (3) definir o tamanho do lote de ressuprimento (BALLOU, 2014, p. 209).

Demanda sazonal: grande número de produtos tem tal sazonalidade na demanda que podem ser controlados da mesma forma que produtos com demanda permanente. É o caso da iluminação para árvores-de-natal, ovos de páscoa, lembranças para turistas. Podem ser produtos com ciclos anuais de demanda ou produtos simplesmente na moda com ciclos de vida muito curtos (BALLOU, 2014).



Conforme Barros (2019) a boa administração do estoque nesse período é fundamental, visto que qualquer erro pode resultar em uma compra exagerada de produtos que, posteriormente, serão difíceis de saírem do estoque.

Os produtos com demanda sazonal não podem ser controlados e planejados da mesma maneira que os produtos de demanda estável, devido a grande ocorrência de oscilações, contextualiza Mancuzo (2003).

A administração do inventário de produtos com elevada sazonalidade está associada com a previsão acurada do nível de demanda futuro. Para produtos de moda (como certo estilo de vestuário ou disco de música popular), é necessário não apenas uma previsão precisa da quantidade a ser vendida, mas também da época na qual ocorre o pico. Assim, o estoque acompanha a previsão, estando sujeito aos erros intrínsecos a mesma (BALLOU, 2014, p. 209).

Muitos ainda tendem a encarar a sazonalidade como um problema, por nos atermos a uma época específica do ano, quando na verdade "o lucro deveria vir o ano todo". Porém, se esta for bem administrada, ela pode gerar lucro suficiente para bons períodos a frente, equilibrando as receitas em períodos de baixa venda (BARROS, 2019).

Demanda irregular: alguns produtos têm comportamento bastante irregular, isto deixa a sua previsão de vendas muito difícil. Para Ballou (2014, p. 209): "o controle de estoques para produtos com demanda irregular está amarrado com a previsão de vendas, principalmente quando o comportamento errático está combinado com tempos de ressuprimento muito longos ou pouco flexíveis".

Mancuso (2003) cita que um exemplo de demanda irregular por produtos é o que ocorreu no mercado de veículos em que a demanda era por automóveis maiores. Em determinado período o mercado começou a demandar por veículos menores e logo após retornou a procura por veículos maiores. Em consequência disso, faltaram automóveis maiores no mercado e as revendedoras ficaram com estoques excessivos de veículos de menor porte.

Demanda em declínio: algum dia, a demanda de um produto acaba, e então, um novo produto vem em seu lugar. O declínio da demanda é geralmente gradual e os estoques excedentes podem ser diminuídos gradualmente. Para alguns produtos, entretanto, o final ocorre subitamente, mas de modo planejado. Ballou (2014, p. 210), refere-se que nesse tipo de demanda o problema concentra-se muito menos em prever a demanda por peças de reposição e mais em planejar quando e quanto deve ser estocado período a período". Deve-se, entretanto, prever a demanda para todos os períodos até o final das vendas.

Para Mancuso (2003) é comum que a demanda de determinado produto acabe. Geralmente este declínio acontece de forma gradual. O problema, segundo o autor, não é prever a demanda para repor os estoques, mas quando e quanto comprar para que os produtos não fiquem no estoque quando não houver mais demanda, pois provavelmente não serão mais vendidos.

Demanda derivada: para alguns produtos, sua demanda é conhecida se a demanda dos produtos acabados puder ser determinada. O estoque necessário para atender uma demanda derivada também é derivado. Quanto e quando comprar ou produzir pode ser determinado com precisão a partir da demanda de produtos acabados. Para Ballou (2014, p. 210): “a demanda derivada serve como base para efetuar a programação final da produção”.

Mancuso (2003, p. 26) dá um exemplo claro: “a partir da previsão de venda de automóveis novos é possível calcular a necessidade de pneus. No caso, a demanda por pneus é dita derivada”.

### **4.3 Controle de estoque**

Todo estoque é controlado pelo sistema SAP, onde o gestor da área é responsável por alimentar o sistema e toda informação é aberta para os setores responsáveis pelos produtos, desde a captação de Clientes até a venda final.

Se o produto faltar no estoque, a comunicação é feita para os vendedores para que se possa administrar os prazos de entrega antes de oferecer aos Clientes.

#### **4.3.1 Melhoria baseado no modelo MRO**

Investir em software de gerenciamento de MRO é uma decisão de negócios inteligente com méritos sólidos. O acesso ao sistema de gestão não apenas simplifica a cadeia de suprimentos, mas também melhora a capacidade de rastrear, prever e antecipar as necessidades de MRO em tempo real. Além disso, o uso dele fornece dados valiosos para analisar o desempenho do fornecedor, conforme necessário.

Já para Pozo (2007, p. 38) é uma função da necessidade de estipular os diversos níveis de materiais e produtos que a organização deve manter, dentro de parâmetros econômicos”. Harrison (2003, p. 215) relata outra forma de controlar estoques: “É a logística da resposta rápida, é uma demanda para atender o cliente, fornecendo-se a quantidade, a variedade e a qualidade certas no momento certo, no local certo e pelo preço certo”.

Segundo Slack *et al.* (1999, p. 381):

Estoque é definido como a acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de transformação. Algumas vezes, o estoque também é usado para descrever qualquer recurso armazenado. Todavia, apesar desses recursos de transformação serem tecnicamente considerados 'estoques', eles não são o que normalmente se quer dizer com o termo estoque.

Existem alguns aspectos que devem ser especificados para montar um sistema de controle de estoque. Segundo Moura (2004), o primeiro passo é conhecer os diferentes tipos de estoque existente: ativo e inativo.

De acordo com Malagoni (2005) *apud* Santos *et al.* (2009), estoque ativo é todo estoque resultante de um planejamento prévio e destinado a uma utilização em:

- Produção: constituído por matérias-primas e componentes que integram o produto final;
- Produtos em processo: constituídos por matérias em diferentes estágios da produção;
- Manutenção, reparo e operação: formado por peças e componentes empregados no processo produtivo, sem integrar o produto final;
- Produtos acabados: compreendem os materiais e/ou produtos em condições de serem vendidos;
- Materiais administrativos: formado por matérias de aplicação em geral na empresa, sem vinculação com o processo produtivo.

O controle dos estoques depende de um sistema eficiente, o qual deve fornecer, a qualquer momento, as quantidades disponíveis, onde estão localizadas, as compras em processo de recebimento, as devoluções ao fornecedor e as compras recebidas e aceitas (PAOLESCHI, 2014, p. 20).

#### **4.4 Inventário**

A ZA realiza inventário semestralmente e faz uma listagem completa de todos os produtos armazenados no estoque. Esse inventário identifica, classifica e determina o valor de cada produto armazenado.

##### **4.4.1 Melhoria baseado no modelo MRO**

Igualmente importante para a implementação de um plano de inventário de MRO eficaz é o treinamento dos membros da equipe que implementou a origem e o fornecimento de materiais. Oferecer oportunidades para que os colaboradores interajam com os responsáveis pelos equipamentos criará um ambiente de trabalho sinérgico. Dessa forma, todos entendem seu papel para alcançar um objetivo comum.

A aquisição de materiais mais eficiente pode ser alcançada com workshops de treinamento interdepartamental e trabalho em grupo.

O inventário é um indicador muito usado nas empresas para conferência dos estoques, comparando o físico com o contábil.

Segundo Martins *et al* (2009), o inventário físico consiste na contagem dos itens em estoque nas empresas. No momento da contagem, se forem constatadas diferenças entre estoque físico e os registros do controle de estoque o contábil, devem ser feitos os ajustes necessários.

Martins *et al* (2009), afirma que o inventário físico é aplicado em dois modos: periódico e rotativo.

**Inventário periódico:** quando os estoques são inventariados em determinados períodos pré-determinados pela empresa, onde se faz a contagem física de todos os itens do estoque. Devido à contagem total de itens exige-se um número maior de pessoas com a função de contar. É considerada uma força tarefa, pois a contagem deve ser efetuada no menor tempo possível.

**Inventário rotativo:** quando permanentemente alguns itens pré-escolhidos pela empresa são inventariados. Neste tipo de inventário faz-se um cronograma de contagem para garantir que ao longo do período todos os itens sejam contados. Essa política exigirá certo número de pessoas exclusivamente para contagem, em período integral, ano todo.

#### **4.5 Análise de desempenho**

O giro de estoque é a quantidade vendida, em determinado período, do estoque mantido pela empresa. Os pedidos de compras chegam semanalmente ou diariamente e os produtos são vendidos por quantidade mínima de 20 itens por produto, sendo assim é feita uma previsão semanal segundo estudos com Clientes já conquistados. Então a quantidade mínima nos estoques é de 20 unidades por produto.

##### **4.5.1 Melhoria do desempenho baseado no modelo MRO**

Uma estratégia bem projetada pode minimizar despesas de várias maneiras, como gerenciar peças reparáveis com mais eficiência e usar métodos de compra estratégicos. Além disso, ajuda a gerenciar garantias de forma eficaz. Com isso, o gerenciamento de reparos de componentes reduz falhas do equipamento e os custos de substituição por meio da otimização do MRO.

Segundo Chiavenato (2004), a Avaliação de Desempenho é um método que visa continuamente estabelecer um contrato com os funcionários referente aos resultados desejados pela organização, acompanhar os desafios propostos, corrigir os rumos, quando necessário, e avaliar os resultados conseguidos.

Avaliação de Desempenho é o processo para construir conhecimento no decisor, a respeito do contexto específico que se propõe avaliar, a partir da percepção do próprio decisor por meio de atividades que identificam, organizam, mensuram ordinalmente e cardinalmente, e sua integração e os meios para visualizar o impacto das ações e seu gerenciamento. (ENSSLIN, 2010).

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A pesquisa exploratória foi desenvolvida no almoxarifado da empresa em estudo, o objetivo foi estudar o sistema de gestão de estoque atual e confrontar com referencial teórico de vários autores renomados nesta área de Gestão de Estoque. Após o desenvolvimento da parte teórica, iniciou a parte prática com a vivência no dia a dia.

Em análise do processo atual de gestão de peças de manutenção e embalagens foi feito mediante a criação de fluxogramas, onde foi mostrado o fluxo do processo, responsáveis e levantado falhas em cada processo. O fluxograma proporciona uma melhor visualização rápida do processo.

Após a identificação dos gargalos do processo foram exploradas em uma base teórica diversas ferramentas que podem ser aplicadas aos sistemas de gestão de estoques para tornar o sistema mais preciso e fornecer metrologia de desempenho. O MRO se destaca entre as principais ferramentas.

É importante notar que nenhuma dessas mudanças propostas exigirá um investimento financeiro significativo. São métodos que, se bem aplicados, irão melhorar em muito a gestão das mercadorias e o atendimento a todos os que necessitam de armazenagem.

Para que o sistema de gestão de estoques da empresa melhore cada vez mais e alcance um patamar de excelência, são recomendadas as seguintes ações: investir na capacitação do pessoal do setor de almoxarifado, ampliar o almoxarifado da

empresa pós espaço é muito limitado, implantar sistema de código de barras no item e disponibilizar mais licenças para o sistema operacional da empresa.

## **6. REFERÊNCIAS**

BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BALLOU, Ronald H. Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 2014.

BEULKE, Rolando; BERTÓ, Dalvio José. Estrutura e Análise de Custos. 1.ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

BUENO, Jefferson Reis. Qual a importância da logística empresarial nas pequenas empresas? Sebrae, 2018.

CHIAVENATO, Idalberto. Gestão de materiais: Uma abordagem introdutória. 3ª edição. Barueri, SP: Manole, 2014.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. Gerenciamento da cadeia de suprimentos, São Paulo: Pearson. 2013.

CHING, Hong Yuh. Gestão de estoques na cadeia logística integrada. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

DIAS, Marco Aurélio P. ADMINISTRAÇÃO DE MATERIAIS 5ª Ed. São Paulo: Atlas, 2006.

Ensslin, L., Ensslin, S. R., Lacerda, R. T. O., & Tasca, J. E. (2010a). Processo de análise bibliométrica. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. Brasil.

FLEURY, Paulo F.; WANKE, Peter; FIGUEIREDO, Kleber F. (Orgs.). Logística empresarial: a perspectiva brasileira. São Paulo: Atlas, 2007.

GIL, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social, 5ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 1999.

GONÇALVES, Paulo. Administração de materiais. 5ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

GUIMARÃES, Lúcia F. de Almeida; FALSARELLA, Orandi M. Uma análise da metodologia Just-in-Time e do sistema Kanban de produção sob o enfoque da ciência da informação. Perspectivas em Ciência da Informação, v. 13, n. 2,

HARRISON, Allan. Estratégia e Gerenciamento de Logística. São Paulo: Futura, 2003

JENSEN, A.; MARTINS, A. S.; JESUS, E. R.; JUNIOR, P. J. T.; FREITAS, W. A.; HALT, E. O controle de estoque em agropecuária. Revista Ampla de Gestão Empresarial, v.2, n.2, p. 130-146, v. 2, outubro 2013.

LARA, M.; RODRIGUES, C. Descrição para a criação da área de planejamento de estoques de peças MRO. Revista Tecnologista, p.82-88. Março, 2012.

MANCUZO, Fernando. Análise e previsão de demanda: estudo de caso em uma empresa distribuidora de rolamentos. Trabalho de conclusão de curso de mestrado profissionalizante em Engenharia como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia. Porto Alegre, 2003.

MOURA, Cássia E. de. Gestão de Estoques. 1a. Edição. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2004.

MARTINS P.G., ALT P.R.C., Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais. 3 ed. São Paulo; Editora Saraiva,2009.

MARTINS, Eliseu. Contabilidade de custos. 9. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.  
Oliveira, F. F. de; (2004). Escalonamento em tempo real dos Sistemas de Gerenciamento de Workflow baseado em um modelo de Rede de Petri híbrida ptemporal. Dissertação. Universidade Federal de Uberlândia.

O'BRIEN, James A. Sistemas de informação e as decisões gerenciais na era da internet. 2ª ed. São Paulo: Saraiva, 2004.

POZO, Hamilton. Administração de recursos Materiais e Patrimoniais. São Paulo, Atlas, 2002.

POZO, Hamilton. Administração de Recursos Materiais e patrimoniais. 4ª Ed. São Paulo: Atlas, 2007.

POZO, Hamilton. Administração de recursos materiais e patrimônios: uma abordagem logística. 7ª ed. São Paulo/SP: Atlas, 2016.

PAOLESCHI, Bruno. Almoxarifado e gestão de estoque. 2 ed. São Paulo: Érica, 2014.

SLACK, Nigel. *et al.* Administração da Produção. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SIMCHI-LEVI, Davi; KAMINSKY, Philip; SIMCHI-LEVI, Edith. Cadeia de Suprimentos: projeto e gestão. Porto Alegre: Bookman, 2003.

SANTOS, Antônio Marcos; RODRIGUES, Iana Araújo. Controle de Estoque de Materiais com Diferentes Padrões de Demanda: Estudo de Caso em uma Indústria Química. *Gestão e Produção*, v.13, n.2, p.223-231, mai/ago 2006.

SEVERINO A. J. Metodologia do Trabalho Científico, 23rd ed. São Paulo: Editora Cortez, 2007.

SILVA, Bráulio Wilker. Gestão de Estoques: Planejamento, Execução e Controle. 2ª edição. João Monlevade: BWS Consultoria, 2019.

SAGGIORO, E.; MARTIN, A.; LARA, M. Gestão de estoques MRO: otimizando a logística de peças de reposição. *Revista Mundo Logística*. São Paulo, v.1, n.04, p. 6-10, 2008

TRIVIÑOS, Augusto N. S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

VIANA, João José. Administração de materiais. São Paulo: Atlas S. A. 2002.

WANKE, P. Gestão de estoques na cadeia de suprimentos: Decisões e modelos quantitativos. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2011.



**IVAN RICARDO ANTUNES DOS SANTOS  
NILSON FELIX LIMA**

**SECADOR VERTICAL: alternativa para aumento de produção e  
melhora na eficiência da secagem**

**AGUDOS – SP  
2023**

**IVAN RICARDO ANTUNES DOS SANTOS  
NILSON FELIX LIMA**

# **SECADOR VERTICAL: alternativa para aumento de produção e melhora na eficiência da secagem**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção junto à Faculdade de Agudos - FAAG sob a orientação do Prof. Me. Vinicius Iuri de Menezes.

**AGUDOS – SP**

**2023**

S237  
s

Santos, Ivan Ricardo Antunes dos

SECADOR VERTICAL: alternativa para aumento de produção e melhora na eficiência da secagem / Ivan Ricardo Antunes dos Santos; Nilson Felix Lima.

-- Agudos, 2023

70 p. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Produção) – Faculdade de Agudos (FAAG).

Orientador: Vinicius Iuri de Menezes

1. Secagem. 2. Celulose. 3. Produção. I. Título.

## DEDICATÓRIA

Dedicamos esse trabalho a nossa família, principalmente aos nossos pais, que apesar das dificuldades, sempre nos apoiaram a seguir com os estudos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a Deus primeiramente, pelo dom da vida, por estar nos proporcionado esse momento de conquistas, aos nossos pais, filhos e principalmente a nossas esposas pela compreensão e todo apoio, aos nossos amigos e colegas de trabalho, principalmente o Anderson Rodrigo de Oliveira e o Antônio Florismundo e ao nosso professor e orientador Vinicius que, com paciência, muito carinho e sabedoria nos ajudou e orientou desde o início do trabalho.

*"Determinação, coragem e autoconfiança, são fatores decisivos para o sucesso. Se estamos possuídos por uma inabalável determinação, conseguiremos superá-los. Independente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho"*

*Dalai Lama*

## **RESUMO**

Os avanços tecnológicos, juntamente com a globalização dos mercados, exigem das organizações uma postura proativa diante das contingências apresentadas pelo ambiente em que as mesmas estão inseridas. O macroambiente é muito instável e requer atenção especial das empresas. É preciso se adaptar o mais rápido possível às mudanças para não ser surpreendido pelos concorrentes. Ser reativo apenas pode ser fatal em um mercado tão competitivo como o que se apresenta nos dias de hoje. Nessa perspectiva, é fundamental que as empresas estejam atentas aos seus gargalos produtivos. Saber identificá-los e proceder as ações necessárias para transformá-los em não gargalos é uma tarefa imprescindível ante aos desafios que estão presentes no meio organizacional. O estudo de caso para observação, prática desses pressupostos foi realizado numa empresa de Celulose no interior do estado de São Paulo, localizada no município de Lençóis Paulista, com o objetivo de identificar os principais gargalos que interferem no processo produtivo. O trabalho classifica-se, quanto aos fins, como uma pesquisa exploratória e descritiva e, quanto aos meios, em pesquisa bibliográfica e estudo de caso. A empresa foi analisada por meio de entrevista com os seus colaboradores e pela observação atenta do acadêmico, de maneira a se obter um conhecimento mais aprofundado acerca dos gargalos na produção. O estudo baseou-se nos dados coletados antes e depois da instalação do secador vertical. Em seguida mostrará através de gráficos o quanto a produção foi eficiente com essa instalação desse equipamento.

**Palavras-chave:** Secagem. Celulose. Produção.

## **ABSTRACT**

Technological advances, together with the globalization of markets, require organizations to have a proactive stance in the face of contingencies presented by the environment in which they are inserted. The macroenvironment is very unstable and requires special attention from companies. It is necessary to adapt as quickly as possible to changes in order not to be surprised by competitors. Being reactive can only be fatal in a market as competitive as today's. From this perspective, it is essential that companies are aware of their production bottlenecks. Knowing how to identify them and take the necessary actions to transform them into non-bottlenecks is an essential task in view of the challenges that are present in the organizational environment. The case study for observation and practice of these assumptions was carried out in a Pulp company in the interior of the state of São Paulo, located in the municipality of Lençóis Paulista, to identify the main bottlenecks that interfere with the production process. The work is classified, in terms of purposes, as exploratory descriptive research, and, in terms of means, as bibliographical research and case study. The company was analyzed through interviews with its employees and the academic's close observation to obtain more in-depth knowledge about production bottlenecks. The study was based on data collected before and after the installation of the vertical dryer. Then it will show through graphs how efficient the production was with this installation of this equipment.

**Keywords:** Drying. Cellulose. Production.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Princípios da secagem	33
Figura 2 – Princípios da secagem II	34
Figura 3 – Secagem por fluidização	38
Figura 4 – Secagem por atomização	39
Figura 5 – Torre de massa branca	42
Figura 6 – Depuração	43
Figura 7 – Depurador	44
Figura 8 – Depuração por centrifugação (cleaners)	46
Figura 9 – Caixa de entrada pressurizada da mesa plana	47
Figura 10 – Princípio de funcionamento caixa de foils	49
Figura 11 – Caixa de vácuo, baixo vácuo e caixa tripla de alto vácuo	50
Figura 12 – Forming Board	50
Figura 13 – Caixa de entrada e mesa plana	51
Figura 14 – espelho sobre a mesa ideia de formação e drenagem	51
Figura 15 – Visão geral, mesa plana e respectivos rolos	52
Figura 16 – Setor de personagem da folha	54
Figura 17 – Secador horizontal	54
Figura 18 – Layout secador horizontal Voith	55
Figura 19 – Secador vertical	59
Figura 20 – Setor de embalagem e acabamento	60
Figura 21 – Produção mensal de celulose sem o secador vertical	61
Figura 22 – Produção anual de celulose sem o secador vertical	61
Figura 23 – Produção anual de celulose com o secador vertical operando	61
Figura 24 – Produção de celulose com secador vertical operando	62

Figura 25 – Relatório diário ano 2009	63
Figura 26 – Relatório diário de produção maio de 2023	64
Figura 27 – Produção diária do secador horizontal x secador vertical	65

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Aspectos sobre a Engenharia de Produção	15
1.2 Contextualização da Engenharia de Produção	18
2. GESTÃO E PROCESSO DA PRODUÇÃO	22
2.1 Fonte de matérias primas fibrosas	22
2.2 Preparo de cavaco	23
2.2.1 Picagem, estoque e classificação dos cavacos	23
2.3 Cozimento da madeira	24
2.4 Lavagem da polpa	25
2.4.1 Métodos de lavagem	25
2.4.2 Branqueamento da polpa	26
2.5 Secagem celulose	28
2.5.1 Secadores de celulose	28
2.5.2 Secador convencional	28
2.5.3 Secador colchão clear ou secador horizontal	29
2.5.4 Secador vertical	29
3. METODOLOGIA	30
3.1 Descrição da empresa	30
4. PROCESSO DE SECAGEM INDUSTRIAL	33
4.1 Conceitos e princípios da secagem	33
4.2 Técnicas de secagem	35
4.2.1 Secagem ao ar livre	35
4.2.2 Secagem em leito fluidizado	36
4.2.3 Secagem por atomização	38



4.2.4 Secagem em secador horizontal	39
4.2.5 Secagem em secador vertical	40
4.2.6 Depuração	43
4.2.7 Formação da folha de celulose	46
4.2.8 Seção de prensas	52
4.2.9 Secador vertical	56
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
Referências	67

## 1 INTRODUÇÃO

A engenharia de produção é uma área multidisciplinar que tem como objetivo otimizar processos e recursos em diversos tipos de organizações, sejam elas industriais, comerciais, de serviços ou governamentais. Ela busca maximizar a eficiência, a qualidade, a segurança e a sustentabilidade dos processos produtivos, visando aumentar a competitividade e o valor agregado dos produtos e serviços oferecidos.

O engenheiro de produção desempenha um papel fundamental no processo de produção da celulose, pois é responsável por planejar, projetar e gerenciar todas as etapas do processo produtivo, desde a extração da matéria-prima até a transformação da celulose em produtos acabados.

O engenheiro de produção trabalha em estreita colaboração com outros profissionais, como químicos, técnicos em celulose e papel, operadores de máquinas e equipes de manutenção, para garantir que o processo produtivo seja eficiente, seguro e sustentável.

A celulose é um dos principais componentes da madeira, e é utilizada na fabricação de papel, celulose dissolvida e diversos outros produtos. O processo de secagem da celulose é fundamental para garantir sua qualidade e eficiência na produção industrial. O secador de celulose é uma máquina que remove a umidade da celulose, permitindo sua utilização em processos subsequentes.

A celulose é um material fundamental para a produção de papel. Papelão, tecidos e outros produtos. Ela é produzida a partir de fibras de madeira, que são separadas, tratadas e transformadas em polpa celulósica.

Para Toucini (2013, p.78) o processo de produção da celulose começa com o corte e o descascamento da madeira, que é transformada em cavacos. Estes cavacos são cozidos em uma solução química, sob pressão e temperatura, em

processo conhecido como polpação, que tem como objetivo separar as fibras de celulose do restante da madeira,

Após a polpação, a celulose é lavada em contracorrente, em filtros rotativos para retirar os químicos presentes na polpa para ser reaproveitado no processo e preparar para o próximo estágio, após a lavagem da polpa, a celulose é branqueada e tratada para remover impurezas e melhorar suas propriedades físicas e químicas. Em seguida, ela é transformada em papel ou outros produtos celulósicos, por meio de prensagem, secagem e corte.

Existem diferentes métodos de produção de celulose, que variam de acordo com a matéria-prima utilizada e com as tecnologias empregadas. Alguns dos principais métodos incluem a produção de celulose de eucalipto, de pinus, de bambu e de outras espécies florestais.

Além disso, há uma preocupação crescente com a sustentabilidade e a redução dos impactos ambientais no processo de produção de celulose. Para isso, tem sido desenvolvido tecnologias mais eficientes e menos poluentes, que permitem uma produção mais sustentável e responsável.

A celulose é um material amplamente utilizado na produção de papel, cartão e outros produtos derivados, como tecidos, medicamentos e cosméticos. Para que esses produtos possam ser fabricados com qualidade, é fundamental que a celulose seja seca adequadamente, de modo a garantir que sua umidade seja reduzida a níveis adequados para a produção.

Existem diversos métodos de secagem de celulose utilizados na indústria de celulose e papel, entre eles estão a secagem por ar quente, secagem por cilindros aquecidos, e secagem por leito fluidizado. Cada método possui vantagens e desvantagens em termos de eficiência, custo e qualidade do produto final, e a escolha do método mais adequado depende das características específicas da matéria-prima e das condições de processo.

Na secagem por ar quente, a celulose é exposta a um fluxo de ar quente em um processo contínuo de secagem, no qual a umidade é removida por evaporação. Esse método é amplamente utilizado na indústria de celulose e papel, principalmente para a secagem de folhas de papel.

Na secagem por cilindros aquecidos, a celulose é prensada contra cilindros aquecidos para remover a umidade. Esse método é comumente utilizado para a secagem de celulose em pó e outros produtos finos.

Já na secagem por leito fluidizado, a celulose é suspensa em um fluxo de ar quente em um leito fluidizado, permitindo a remoção da umidade por evaporação. Esse método é indicado para produtos de celulose com granulometria fina.

Independentemente do método de secagem utilizado, é importante que o processo seja controlado com precisão, de modo a evitar danos a celulose e garantir que o produto final atenda aos requisitos de qualidade e especificações técnicas.

A busca por eficiência, estabilidade e ganho de produção em linhas industriais, na finalidade de tirar o máximo do equipamento, com qualidade, segurança e otimizando custos, é um desafio e requer investimentos, treinamentos e engajamento de toda a equipe, inclusive e principalmente da administração e alta direção.

Moraes e Santoro (Enegep, 2006), comentam que a eficiência em uma linha de produção é definida como a relação da capacidade real pela capacidade ideal. Taylor (1856), que já observava o processo produtivo e a administração industrial, constatou que a forma que o trabalho era conduzido, não gerava lucro, era pouco eficiente, depois sendo usado como base para os trabalhos de Henry Ford (Fordismo, 1914), Taiichi Ohno e Eiji Toyoda (Japão 1970).

Segundo Kardec e Nascif (1998), um bom planejamento, cuidando dos equipamentos, fazendo as manutenções, preventivas, preditivas e corretivas, são essenciais para uma operação confiável, estável e segura. Profissionais capacitados, treinados e preparados para as situações adversas e emergenciais também são de suma importância para que isso ocorra, cada profissional tem papel fundamental nesse processo, desde o operário da fábrica até a diretoria, enfim, todos os envolvidos no processo, direta ou indiretamente, são fundamentais para que todo o processo funcione bem.

Apesar de todo o esforço, trabalho árduo e foco na produção, o processo acaba chegando a um limite, no seu gargalo. Segundo a revista Ferramental (Mar, 22), Gargalos em ambientes industriais, é definido pelo evento que limita a capacidade de um sistema, gerando perda de tempo e produtividade, podendo acontecer por fatores externos ou internos.

Assim, a partir de um estudo de caso na secagem da celulose, após constatar que era o gargalo da fábrica, mas com entrada do projeto e instalação do “Secador Vertical” instalado no processo, houve um ganho na produção e escoamento no processo.

É possível que o projeto e instalação do secador vertical proporcione um aumento na produção de celulose?

Esta pesquisa tomou como hipótese que o projeto e instalação de um secador vertical proporciona um aumento na produção de celulose da empresa.

Após ampliação da fábrica, os processos anteriores tiveram sua produção aumentada, assim, o setor de secagem e acabamento passou a ser o gargalo da fábrica, não conseguindo escoar toda a polpa para fabricação de celulose, necessitando uma melhoria e investimento nesse processo, a fim de aumentar a produção final, a adição de um secador vertical foi a alternativa encontrada para atender a empresa (Revista o Papel, 2012, pag. 37).

A empresa necessitava processar uma quantidade maior de polpa para fabricação de celulose na máquina de secagem, para se manter competitiva no mercado global de celulose.

O secador vertical (VOITH, 2012) foi projetado e fabricado especificamente para atender a empresa, foi instalado na posição vertical, sendo um outro tipo e segmento de secador, resolvendo o problema do espaço físico e conseqüentemente o gargalo, o que gerou um aumento de 15% na produção de celulose da empresa e redução no consumo de vapor e energia elétrica.

A empresa não tinha condições de aumentar a produção no secador horizontal, e nem espaço físico para aumentar ou instalar outro secador nessa posição.

A demanda por matéria prima e insumos para produção de outros produtos vem aumentando ao longo dos anos, empresas visionárias, de olho nessa demanda, vem se preparando dia a dia para atender esse crescente e promissor mercado.

Por mais que se produza, sempre há espaço para produzir mais, a tecnologia e engenharia, operando em conjunto, vem projetando fábricas eficientes, cada vez mais modernas, melhorando processos e otimizando custos, que atendam todos os requisitos necessários para se atingir uma produção satisfatória, com foco na qualidade, segurança e meio ambiente, com alta probabilidade de retorno.

Quando se pensa que chegou ao extremo, ao limite da produção em uma linha fabril, aparece algum parceiro ou empresa com projeto de engenharia surpreendente, de melhoria para diversos tipos de processos de produção, oferecendo alternativas atraentes, com retorno do capital investido em pouco tempo. Assim as empresas vêm se adaptando a essa nova realidade, a busca pela

excelência operacional tem trazido aliados fiéis, trabalhando lado a lado com as indústrias, a fim de resolver os problemas adversos e complexos na linha de produção. Esses parceiros buscam soluções cada vez mais ousadas e inovadoras, a fim de solucionar problemas que antes nem se imaginava que tinha solução. Daí vem aquela famosa frase, “Porque não pensei nisso antes”, (Assumpção, 2006) inclusive, usada pelo diretor da unidade, quando deu start-up na planta já com o secador vertical instalado e operando, “Revista o papel” (2012). Segundo o fabricante (VOITH - 2012), o processo de secagem no secador vertical, baseia-se na condução vertical da folha, é um equipamento de secagem sem contato, onde se utiliza ar aquecido para a transmissão de calor. A folha entra na máquina pela parte inferior, sendo conduzida em passes verticais alternados para cima e para baixo até sua saída também pela parte inferior. Neste processo, a folha é guiada por meio de rolos guias posicionados nas vigas longitudinais superiores e inferiores do secador.

Secador horizontal, utiliza ar aquecido para secar e sustentar a folha de celulose. A manta é introduzida na parte superior do secador e é transportada sobre um colchão de ar, enquanto se desloca horizontalmente para frente e para trás, sucessivamente, em diversos passes, através do comprimento total do secador, até ser retirada na saída, situada no nível inferior. No Secador, a folha é estabilizada a uma determinada distância sobre as caixas sopradoras e a operação é feita com tensionamento na folha consideravelmente menores que nos secadores de ar mais antigos. A baixa tensão aplicada à folha permite a operação com celulose de menor resistência à tração do que foi necessário no passado. Isto resulta em uma operação mais segura e, portanto, com menor quantidade de paradas, o que tem importância especial, considerando as grandes linhas de produção de hoje.

## **1.1 Aspectos sobre a engenharia de produção**

A Engenharia de produção é uma área de conhecimento que combina conhecimentos técnicos e gerenciais para otimizar processos produtivos e melhorar a eficiência e eficácia de sistemas produtivos. Essa área de conhecimento tem uma ampla aplicação em diversos setores da economia, desde indústrias de transformação até empresas de serviços.

A engenharia de produção tem como objetivo desenvolver e aplicar métodos e técnicas para melhorar o desempenho dos sistemas produtivos. Para isso, os profissionais da área utilizam ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais, tecnologia e gestão para otimizar processos, reduzir custos, aumentar a produtividade e garantir a qualidade dos produtos e serviços, assim, atendendo às necessidades dos clientes e gerando lucros para a empresa.

Entre as principais áreas de atuação da Engenharia de Produção, podemos destacar a gestão da produção, a engenharia do produto, a logística, a gestão da cadeia de suprimentos, a gestão da qualidade, a gestão ambiental, a ergonomia e segurança do trabalho, entre outras. Cada uma dessas áreas de atuação tem como objetivo melhorar o desempenho dos sistemas produtivos de forma específica, contribuindo para a maximização do desempenho da empresa como um todo. A gestão da produção é uma das áreas mais importantes da Engenharia de Produção. Ela envolve a definição de processos produtivos, o planejamento da produção, a programação da produção, o controle da produção e a melhoria contínua dos processos produtivos. A gestão da produção busca garantir que os recursos disponíveis sejam utilizados de forma eficiente para produzir produtos ou serviços de qualidade, atendendo às necessidades dos clientes.

A engenharia do produto, por sua vez, está relacionada ao desenvolvimento de produtos ou serviços que atendam às necessidades do mercado. Ela envolve a pesquisa de mercado, o desenvolvimento de produtos, a criação de protótipos, o teste de produtos e a melhoria contínua do produto.

A logística é outra área importante da Engenharia de Produção. Ela envolve o planejamento, a implementação e o controle de fluxos de materiais, informações e pessoas. A logística busca garantir que os produtos sejam entregues aos clientes no prazo, com qualidade e com o menor custo possível.

A gestão da cadeia de suprimentos também é uma área importante da Engenharia de Produção. Ela envolve a gestão dos processos e das relações entre os fornecedores, a empresa e os clientes. A gestão da cadeia de suprimentos busca garantir que os produtos sejam entregues aos clientes no prazo, com qualidade e com o menor custo possível, envolvendo desde a seleção dos fornecedores até a entrega do produto ao cliente final.

A gestão da qualidade é outra área importante da Engenharia de Produção. Ela envolve a definição de padrões de qualidade, a medição, o controle e a melhoria

contínua da qualidade. A gestão da qualidade busca garantir que os produtos ou serviços atendam às necessidades dos clientes, com a melhor qualidade possível e de forma consistente. Essa abordagem envolve não apenas a produção em si, mas também a gestão de processos, o treinamento de funcionários, a gestão de fornecedores e a manutenção de equipamentos.

Além disso, a Engenharia de Produção também é responsável por trazer inovação e melhorias para os processos de produção. Através da pesquisa e do desenvolvimento de novas tecnologias, materiais e processos, a engenharia de produção pode aumentar a eficiência da produção, reduzir custos e melhorar a qualidade dos produtos e serviços.

Outro aspecto importante da Engenharia de Produção é a sua abrangência. O engenheiro de produção pode atuar em diversos setores da indústria, como a automotiva, aeronáutica, alimentícia, de construção, entre outras. Além disso, o engenheiro de produção também pode atuar em empresas de serviços, como hospitais, bancos e empresas de logística.

Um ponto importante a destacar é a responsabilidade social do engenheiro de produção. É preciso que os profissionais dessa área estejam atentos às questões ambientais e sociais, buscando desenvolver processos mais sustentáveis e garantindo a segurança dos trabalhadores.

Outro aspecto relevante é a inovação, a Engenharia de Produção está sempre buscando novas tecnologias e processos que possam melhorar a qualidade dos produtos, aumentar a produtividade e reduzir os custos. Nesse sentido, a pesquisa e o desenvolvimento são fundamentais para a evolução da área.

A Engenharia de Produção é uma área fundamental para o desenvolvimento da indústria e dos serviços, sendo responsável pela otimização de processos, redução de custos e aumento da produtividade. Com uma visão abrangente e preocupação com questões ambientais e sociais, os engenheiros de produção são peças-chave para o sucesso das empresas e para o desenvolvimento econômico e social do país. Por fim, é importante destacar que a Engenharia de Produção é uma área em constante evolução. Novas tecnologias, processos e metodologias estão sendo desenvolvidos o tempo todo, o que exige dos profissionais, uma atualização constante. Assim, é fundamental que os engenheiros de produção estejam sempre se atualizando e se aperfeiçoando para acompanhar as mudanças do mercado.

## 1.2 Contextualização da engenharia de produção

A Engenharia de Produção está presente nos processos a muito tempo, na verdade começou a mais de um século atrás, com uma concepção de racionalidade econômica aplicada aos sistemas de produção. De acordo com Lemos (1981, p.34), no início da produção de mercadorias, "o artesão desenvolvia todas as fases produtivas, desde a concepção e a criação do produto, até a sua execução final. Em uma só pessoa estavam concentradas as funções hoje separadas na indústria moderna".

Com a Revolução Industrial no século XVIII na Inglaterra, a manufatura foi substituída pelas máquinas. Foi nesse momento que as tecnologias passaram a fazer mais parte das indústrias, trazendo a mecanização do sistema produtivo e com as mesmas, a melhoria organizacional e de operações. Leme (1983) considera que, nesse contexto, a prática da Engenharia de Produção demonstra-se muito mais antiga, existindo desde os primeiros sistemas integrados, reunindo homens, materiais e equipamentos, sendo contemporânea a Revolução Industrial. Destaca-se assim, as propostas de empresários e administradores ingleses que no final do século XVIII, passaram a utilizar métodos avançados de Engenharia de Produção, como as pesquisas de mercado, planejamento das instalações, o estudo sobre a forma como era feito o arranjo físico do maquinário, a programação da produção, entre outros aspectos.

Costa (1999, p. 52) aponta que foram as teorias e trabalhos de Taylor que deram origem a Engenharia de Produção, que depois foram usadas por Henry Ford no processo de produção de automóveis.

Taylor é reconhecidamente como sendo o precursor da Engenharia de Produção, tendo publicado em 1911 o livro "Princípios da administração científica", desenvolveu sua carreira numa indústria siderúrgica Americana, que naquela época esse tipo de segmento era considerado como sendo indústria de ponta, comparada as gigantes de hoje, como Google, Toyota, etc. Taylor usou seus métodos nas indústrias da época, apesar de não ter sido engenheiro, tinha "cabeça de engenheiro"



e uma enorme preocupação com eficiência, se incomodava com os desperdícios que dizia ele presenciar, desperdício de tempo, recursos, e principalmente do tempo e dos esforços das pessoas.

Para resolver esses problemas na época e mudar esse cenário Taylor precisou apenas de um equipamento, "um cronômetro", onde passou a medir o tempo necessário para cada atividade, seu início, meio e fim. Com esses dados em mãos começou a otimizar o tempo de cada atividade, melhorando o processo produtivo. Apesar de parecer uma ideia simples nos dias de hoje, na época teve uma enorme repercussão no mundo empresarial, mudando a lógica da organização da indústria e estabelecendo as bases para a construção de uma área do conhecimento chamada Engenharia Industrial (*Industrial Engineering* para os americanos) ou Engenharia de Produção para os Ingleses (*Production Engineering*). Henry Ford acabou colocando em prática a proposta de Taylor e usando na construção e organização de uma planta em Detroit para a fabricação de automóveis e por mais de quinze anos produziu um modelo de carro. Ford não foi o único a produzir carros na época, mas foi usando o modelo e proposta de Taylor que conseguiu produzir de forma econômica.

Ainda de acordo com Costa (1999), a engenharia de produção desenvolveu-se a partir do uso de uma metodologia de pesquisa operacional e de análise de sistemas, que só foi possível a partir do desenvolvimento da computação, dos sistemas de informação, de conhecimentos advindos da gerência industrial, e da aceitação de como essa área poderia trazer contribuições às indústrias.

A Engenharia de produção é uma área relativamente nova, se comparada a outras engenharias. No Brasil a engenharia de produção começou a tomar forma em 1950, com a chegada de empresas multinacionais, principalmente, as Norte Americanas, que traziam consigo o conceito de Engenharia de Produção, pois em seus organogramas, continham departamentos como os de métodos, tempos e movimentos de planejamento e controle de produção, como também, controle de qualidade, com posições ocupadas por engenheiros industriais, o que ajudou a difundir a ideia de Engenharia de Produção no Brasil.

De acordo com Leme (1983), a primeira escola a oferecer esse tipo de graduação, foi a escola Politécnica de São Paulo, em 1958, para atender as necessidades e enfrentar os desafios do mundo empresarial contemporâneo.

O desenvolvimento da Engenharia de Produção é uma resposta às necessidades de desenvolvimento de métodos e técnicas de gestão dos meios

produtivos, diante da evolução da tecnologia e também da maior competição de mercado. Assim, outras áreas da engenharia preocuparam-se com a concepção, fabricação e manutenção de sistemas técnicos, enquanto a Engenharia de Produção concentrou-se em formas que possibilitassem a otimização de todos os recursos existentes dentro do sistema produtivo (Cunha, 2002).

A definição mais utilizada diz que a Engenharia de Produção trata do projeto, aperfeiçoamento e implantação de sistemas integrados de pessoas, materiais, informações, equipamentos e energia para a produção de bens e serviços, de maneira econômica, respeitando os preceitos éticos e culturais. Tem como base os conhecimentos específicos e as habilidades associadas às ciências físicas, matemáticas e sociais, assim como aos princípios e métodos de análise da engenharia de projeto para especificar, prever e avaliar os resultados obtidos por tais sistemas. Ela vai além dos aspectos técnicos, ela combina conhecimentos científicos, tecnológicos e humanos para obter os melhores resultados em determinado processo de produção, lida com bens e serviços integrados, que envolve desde recursos humanos até a informação e tecnologia.

Assim, segundo a Abepro (1997, p.1): Produzir é mais que simplesmente utilizar conhecimento científico e tecnológico. É necessário integrar fatores de natureza diversa, atentando para critérios de qualidade, eficiência, custos, etc. A Engenharia de Produção, ao voltar a sua ênfase para as dimensões do produto e do sistema produtivo, veicula-se fortemente com as ideias de projetar e viabilizar produtos, projetar e viabilizar sistemas produtivos, planejar a produção, produzir e distribuir produtos que a sociedade valoriza. Essas atividades, tratadas em profundidade e de forma integrada pela Engenharia de Produção, são fundamentais para a elevação da competitividade do país.

A Engenharia de Produção é de fundamental importância para as indústrias, ao longo do tempo, só vem trazendo avanço e benefício às indústrias, aperfeiçoando processos, otimizando custos, melhorando a qualidade, buscando sempre a melhoria contínua, fazendo uso dos avanços tecnológicos e profissionais da Engenharia de Produção cada vez mais capacitados e qualificados. Com os processos cada vez mais modernos e profissionais cada vez mais qualificados, o processo ganha em estabilidade, confiabilidade e perdas de produção cada vez menores, em alguns casos, sem perdas de produção. Esse conceito de melhoria contínua, atrelado ao

custo e qualidade, acaba aproximando mais os clientes e atraindo novos clientes, que passam a confiar mais nas empresas e construir relações duradouras.

Secador Vertical e a Engenharia de Produção caminham juntos e estão lado a lado no processo de secagem e acabamento da celulose. A engenharia de Produção busca sempre a eficiência dos processos, reduzindo ao máximo os custos de produção, produzindo celulose com qualidade, sustentabilidade, com foco no meio ambiente e dentro dos padrões exigidos por órgãos regulamentadores, que atendam e satisfaçam os clientes 100%, olhando ainda para a segurança operacional e de equipamentos.

Para Vasconcelos (2019), “Não há nada tão bom que não possa ser melhorado”, e todo processo, se estudado a fundo pode ser melhorado, podendo ser tirado muito mais do processo, e quando não se consegue mais tirar o máximo de determinado processo ou equipamento, entra em cena os estudos e as pesquisas, para assim se obter uma solução para o problema, a Engenharia de produção e outras engenharias estão inseridas neste contexto para encontrar a solução adequada a cada tipo de processo de produção, para assim conferir ao processo, um maior retorno e rendimento.

Uma máquina de secagem convencional para secar a celulose, normalmente tem em seu projeto um secador horizontal, secador vertical, surgiu da necessidade da melhoria contínua e aumento de produção dos processos anteriores e devido à falta de espaço físico para instalação de outro secador.

Produção, processo, Engenheiros e Engenharia de Produção, envolvidos em busca do mesmo ideal, a melhor performance operacional e deixar de ser gargalo de fábrica através do estudo, projeto e instalação de um secador vertical.

## **GESTÃO E PROCESSO DA PRODUÇÃO**

### **2.1 Fonte de matérias-primas fibrosas**

Para Toucini (2013, p.59), a principal fonte de fibras celulósicas, utilizadas na fabricação de papel, provém do reino vegetal, mas especialmente da madeira. O termo madeira refere-se ao xilema. O xilema é o tronco da árvore e tem composição que difere de outras partes da árvore (casca, galhos, folhas), sendo formado pelo cerne que ocupa a região mais central, e pelo albúrnio que é a região mais externa do tronco.

Vários tipos de células são encontrados no tronco das árvores. Nas madeiras de coníferas (Ex. Pinus e Araucários) que predominam as células denominadas traqueídes, que se arranjam longitudinal e transversalmente. Nas madeiras folhosas (Ex. Eucalipto, bétulas e populus), o arranjo é mais complexo, mas às células que predominam são as denominadas fibras.

A madeira, independente da espécie de árvore, tem como constituintes principais, a celulose, a hemicelulose e a lignina. Além deles, há também a presença de outros constituintes, que, por estarem em menores proporções, são denominados de constituintes menores, mas não por isso são menos importantes.

A celulose, como mencionado, é o principal componente da parede celular da madeira, sendo um polissacarídeo linear, constituído por um único tipo de unidade de açúcar. As Hemiceluloses também são polissacarídeos, porém constituídos por vários tipos de unidades de açúcar, formando polímeros ramificados e de cadeias curtas. Na madeira, a fração de polissacarídeo formada pela celulose e hemicelulose é denominada de holocelulose.

A lignina é um polímero de composição química complexa que confere firmeza e rigidez ao conjunto de fibras celulósicas. Os constituintes menores são formados por compostos de natureza polimérica (pectina, amido e proteína) e por compostos de baixo peso molecular (extrativos, compostos orgânicos solúveis em água e compostos inorgânicos), as quantidades dos constituintes menores variam com a natureza de madeira (Alén, 2000, p.33).

A madeira é retirada de florestas plantadas segundo um padrão de qualidade que visa estabelecer um controle quanto à saúde do vegetal, seu crescimento, sua homogeneidade e sua produtividade. Como o mesmo objetivo são também realizadas pesquisas constantes para melhoria das plantações visando sempre a qualidade do produto a ser fabricado. Na constituição de uma floresta desse tipo, é preciso ressaltar o cuidado que as empresas produtoras têm com o meio ambiente, destinando áreas para preservação do bioma e ao reflorestamento. Outro fator a destacar é que as florestas plantadas representam uma fonte de subsistência para comunidades vizinhas.

## **2.2 Preparo de cavaco**

De acordo com Toucini (2013, p.63), podemos definir preparo de cavaco (madeira), como o conjunto de operações realizadas na madeira, desde sua entrada na fábrica até sua utilização no setor de produção. Ele é dividido em etapas para preparar a madeira na forma, pureza e quantidade desejada e de modo constante para o setor de polpação.

### **2.2.1 Picagem, estoque e classificação dos cavacos**

Segundo Toucini (2013, p. 72) a picagem é a redução das toras de madeira a fragmentos, no qual as dimensões facilitam a penetração do licor de cozimento utilizado nos processos químicos e semi químicos durante a impregnação.

O sistema de estoque tem como finalidade manter um fluxo contínuo de matéria-prima para o setor de polpa. A estocagem dos cavacos pode ser feita em pilhas e por meio de silos, no caso da madeira picada.

Os cavacos provenientes dos picadores apresentam variedade de tamanho e espessura, podendo causar problemas de qualidade no processo de polpação. Para que o processo seja homogêneo, é necessário um tamanho uniforme dos cavacos. Para isso, eles são direcionados para o setor de classificação ou peneiramento, no qual os de tamanho médio, em maior proporção, são enviados para o processo de polpação, os pequenos vão para queima em caldeira e os grandes, para a repicagem ou para a utilização em polpações com condições especiais.

## 2.3 Cozimento da madeira

Os cavacos de madeira são aquecidos em um vaso de pressão denominado digestor, que pode ser do tipo batch (descontínuo) ou contínuo. Nesse ponto, Toucini (2013, p.83) ressalta que os cavacos são submetidos ao processo de solubilização (remoção) da lignina por meio de produtos químicos, o qual é chamado licor de cozimento (licor branco), que consiste basicamente em uma solução aquosa de hidróxido de sódio e de sulfeto de sódio. A quantidade desse licor, sua concentração, a umidade dos cavacos, a temperatura e a pressão de trabalho no digestor devem ser cuidadosamente controladas.

Cozimento no processo batch (descontínuo): No processo batch, com aquecimento direto, faz-se injeção de vapor de baixa pressão no digestor e eleva-se gradualmente a temperatura durante 50 a 90 minutos, até que a mesma atinja um valor de aproximadamente de 170°C, mantido durante certo período de tempo. Após o período de cozimento, uma válvula localizada no fundo do digestor é aberta e a pressão empurra os cavacos cozidos para um tanque (tanque de descarga ou Blow Tank) onde, sob a ação da força de alívio da descarga, os cavacos, ao se chocarem contra as paredes do tanque, desdobram-se em fibras individuais, formando a polpa ou pasta.

Cozimento contínuo: No processo contínuo, os cavacos e o licor de cozimento são alimentados continuamente no digestor e são obrigados a passar por zonas de temperaturas crescentes até atingirem a temperatura de cozimento (zona de cozimento), mantida constante por um período. O tempo de cozimento é determinado pelo tempo que os cavacos atravessam essa zona até serem descarregados continuamente do digestor. O processo de desdobramento das fibras é idêntico ao do digestor batch. A seguir, estão relacionados os principais equipamentos que antecedem o Digestor contínuo.

Periféricos do digestor: Silo de cavacos, medidor de cavacos, alimentador de baixa pressão, vaso de pré vaporização, calha de cavacos, separador de areia, alimentador de alta pressão e separador de topo.

## **2.5 Lavagem da polpa**

No final do processo de cozimento, Toucini (2013, p.114) afirma que o produto obtido ainda não está em condição de ser utilizado. Mesmo como polpa marrom, é necessário que o material passe por um sistema de lavagem para remoção do máximo possível de materiais orgânicos e inorgânicos dissolvidos que foram gerados ou introduzidos no processo de cozimento da madeira. A presença desses componentes nos demais estágios de processamento da polpa dificulta o branqueamento, aumenta de forma significativa o consumo de produtos químicos e a carga de composto dissolvidos no efluente da fábrica, gerando perdas no processo.

Um dos principais atrativos dos processos alcalinos é a possibilidade de recuperação dos produtos químicos utilizados no processo de polpação. Para que isso aconteça, é preciso obter maior eficiência na lavagem da polpa, porém, nesse estágio, é necessário a utilização do menor volume de água possível, pois quanto maior for o volume contido no licor preto, maior será o consumo de vapor no processo de evaporação, comprometendo a geração e a distribuição de vapor e energia no processo de recuperação química. Por outro lado, menor volume de água implica lavagem ineficiente, com possível arraste de substância para o branqueamento, resultando em maior consumo de produtos químicos e maior quantidade de efluentes gerados nessa etapa do processo. Por isso, deve-se estabelecer a melhor relação entre a água da lavagem e o material arrastado, que é comumente chamado “fator de lavagem”.

### **2.4.1 Métodos de lavagem**

No sistema em contracorrente, vários filtros lavadores são colocados em linha, onde o sentido do fluxo de lavagem é contrário ao fluxo da polpa a ser lavada. O líquido de lavagem, com baixo teor de sólidos e água fresca, é aplicada no final do ciclo de lavagem e move-se em contracorrente para o lado de entrada da polpa, aumentando a concentração do licor. Se a lavagem ocorresse em um único estágio, a polpa carregaria uma quantidade significativa de sólidos dissolvidos para as próximas etapas do processo.

Uma lavagem é considerada ideal quando o máximo de sólidos dissolvidos é removido com o menor volume de água possível. Podemos dizer que o processo de

lavagem ocorre segundo quatro princípios básicos: diluição, espessamento, deslocamento e difusão.

- Diluição: nesse processo, a polpa proveniente do cozimento é diluída com água ou licor com baixo teor de sólidos.
- Espessamento: o material homogeneizado é espessado para remoção do licor por meio de alguns equipamentos, tais como filtros a vácuo ou pressurizados, mesas planas ou prensas de lavagem.
- Deslocamento: consiste no deslocamento do licor mais concentrado da polpa por um mais diluído, sem ocorrer a mistura entre ambos, sendo licor concentrado removido da polpa.
- Difusão: consiste na saída dos íons presentes no licor concentrado, que estão internamente nas fibras (lúmen), para o licor de lavagem com baixo teor de sólidos, que está externo às fibras. Essa alteração ocorre por conta da diferença de concentração entre os íons do licor da polpa e do licor de lavagem.

Após a etapa de lavagem e depuração, essa massa alimenta um tanque de armazenagem chamado de torre de massa marrom, que em seguida será bombeado para a fase de branqueamento da polpa.

#### **2.4.2 Branqueamento da polpa**

De acordo Reis (2013, p.136), o branqueamento pode ser definido como um tratamento físico-químico que tem por objetivo melhorar as propriedades da polpa celulósica, como, por exemplo; branqueá-la e limpá-la por meio da remoção de substâncias que absorvem luz, que não foram removidas nos processos de polpação e deslignificação; obter grau de alvura elevado e estável, sem comprometer suas características físicas; minimizar os custos dos reagentes químicos e equipamentos utilizados; não causar grandes impactos ao meio ambiente. É a purificação da celulose, pois dependendo do grau de cozimento efetuado, a pasta pode conter até 5% de lignina. O teor de lignina presente é responsável pela tonalidade da polpa, que pode variar do marrom ao cinza. A remoção da lignina é necessária não só para se obter uma celulose pura, mas também para dar um aspecto de alvura elevado,



característica fundamental para proporcionar alta qualidade ao produto final. Branquear a celulose é levar a fibra ao seu estado natural de alvura que é branco. Em função do grau de alvura desejado, a eliminação da lignina se faz em vários estágios, tanto por razões técnicas como econômicas. Um maior grau de alvura com menor degradação da fibra, pode ser alcançado, ao se aplicar quantidades menores de reagentes de branqueamento em etapas sucessivas, com lavagens intermediárias.

Podemos dividir o branqueamento em duas etapas:

- Pré-branqueamento: em que a deslignificação é continuada por um estágio ácido e outro alcalino. Objetivo é remover uma parte significativa da lignina residual da polpa.
- Branqueamento final: em que se deseja aumentar a altura da polpa. Aqui ocorrem remoção de grupos cromóforos e oxidação de compostos que não possuem coloração. Objetivo é aumentar alvura; aumentar estabilidade da alvura; redução do teor de Pitch; reduzir contaminantes da polpa.

No branqueamento, busca-se utilizar químicos e condições de processo que favoreçam às reações químicas desejadas e desfavoreçam as reações secundárias. Os parâmetros usuais que medem a eficiência do branqueamento são as propriedades ópticas da pasta (alvura, brancura, opacidade e estabilidade de alvura), relacionadas com a absorção ou reflexão da luz.

Conclui-se assim, a operação de branqueamento, a polpa é estocada em uma torre, que se dá o nome de torre de massa branca, que posteriormente será enviada para o próximo estágio do processo de produção de celulose, que é a secagem e acabamento.

## **2.5 Secagem da Celulose**

Segundo Reis (2013, p.126), a polpa celulósica pode ser produzida para utilização direta na fabricação de papel em fábricas integradas ou ainda ser vendida ao mercado interno ou externo. Em fábricas integradas, a polpa, após o processo de branqueamento ou somente após os estágios de lavagem e depuração, é armazenada em tanques com consistência que variam de 5% a 15%.

Para tornar a celulose disponível para o mercado, a polpa precisa passar por estágios de formação e prensagem e ser condicionada na forma de mantas, ou seja, folhas com teor seco de aproximadamente 50 %, ou, ainda, para redução do custo de transporte e armazenamento, devem passar por estágios de secagem e enfardamento. Na maioria dos casos, convém secar até um teor de umidade entre 5% e 10%, ou seja, até um nível que seja economicamente viável, sendo a polpa condicionada na forma de folha ou blocos, pois se a polpa utilizada é aquela que sai diretamente de um filtro lavador com uma consistência de aproximadamente 10%, isso implica 10% de material seco e 90% de água, o que tornam o armazenamento e o transporte extremamente oneroso.

### **2.5.1 Secadores de celulose**

É um mecanismo utilizado para remover água da folha de celulose, através de quebra da cadeia química e/ou mecânica, vencer a resistência friccional ao fluxo de líquido, mudar o estado líquido para o estado vapor, fornece ventilação adequada a fim de possibilitar remover os vapores liberados. Essa energia é completada de forma de calor, o qual aumenta o movimento das moléculas de água, possibilitando dessa forma que elas sejam liberadas da folha. Abaixo descreve os tipos de secadores utilizados para secagem da celulose.

### **2.5.2 Secador convencional**

A secagem convencional é efetuada por meio de cilindros secadores aquecidos com vapor e é prática comum na fabricação de papéis para imprimir, escrever e cartões, dentre outros, porém é pouco utilizada na secagem de polpa celulósica em virtude da alta gramatura da folha formada, próxima de 100g/m<sup>2</sup>, e do elevado consumo de vapor, resultando em baixa capacidade de produção da

máquina. Toucini (2013, p.132) faz lembrar que esse tipo de processo ainda é encontrado em algumas indústrias, tanto no Brasil como no exterior.

Nesse processo, a folha desenvolvida na tela formadora é enviada para a seção de prensagem e, em seguida, passa por cilindros aquecidos com vapor, onde é mantida em contato direto com a superfície deles por meio de telas secadoras.

### **2.5.3 Secador colchão de ar ou secador horizontal**

Nesse sistema, Toucini (2013, p.132) cita as etapas de formação e prensagem da folha e após é enviada ao secador, no qual é secada por meio de flutuação sobre o ar aquecido. A folha entra no topo do secador, percorre toda a sua extensão até dar a volta em rolos existentes nas suas extremidades e deixa o secador pela parte inferior do lado oposto ao de entrada.

O ar de secagem é proveniente do ar fresco aquecido por trocadores de calor que se valem do princípio de radiação, ou seja, de radiadores, onde o vapor troca calor, aquecendo o ar, que é usado no processo de secagem horizontal.

O sistema de insuflamento de ar do secador foi inicialmente desenvolvido e utilizado, durante vários anos, nos Secadores de papel Flakt. O princípio utilizado no sistema de insuflamento de ar é baseado no fenômeno pelo qual um jato de ar entre duas superfícies (a caixa sopradora e a marca de celulose), gera forças, que tendem a manter uma certa distância entre elas.

### **2.5.4 Secador vertical**

Segundo a Voith (2012), o secador de celulose vertical, baseia-se na condução vertical da folha e é um equipamento de secagem sem contato, onde se utiliza ar aquecido para a transmissão de calor. A folha entra na máquina pela parte inferior, sendo conduzida em passes verticais alternados para cima e para baixo até sua saída também pela parte inferior. Neste processo, a folha é guiada por meio de rolos guias posicionados nas vigas longitudinais superiores e inferiores do secador. O processo de secagem é fundamentado na transferência de calor convectiva, segundo a técnica de jatos de ar colidentes. Estes jatos são direcionados perpendicularmente à folha de celulose sob condições pré-definidas de velocidade, distância de sopro e temperatura.

### **3 METODOLOGIA**

A presente pesquisa, foi desenvolvida através da descrição detalhada do Secador de Celulose e seus indicativos de funcionalidade. Segundo Vergara (2000, p.47), a pesquisa descritiva expõe as características de determinada população ou fenômeno, estabelece correlações entre variáveis e define sua natureza. A autora coloca também que a pesquisa não tem o compromisso de explicar os fenômenos que descreve, embora sirva de base para tal explicação.

Compreendendo o funcionamento do processo em uma empresa de grande porte do ramo de celulose, situada na região Centro Oeste do interior de São Paulo. A escolha dessa empresa deu-se inicialmente no interesse em compreender melhor o processo da secagem e acabamento da celulose e em evidenciar como a empresa conseguiu uma melhor eficiência operacional e aumento de produção com a instalação do “secador vertical”.

Para isso, fez-se revisão bibliográfica (Gil, 2010; Marconi e Lakatos, 2017) sobre o assunto, pesquisa em material interno da empresa, observação do processo de produção da celulose, principalmente o foco da pesquisa, que é secagem e acabamento e através de dados e arquivos internos, fazer comparativos do processo de produção com o antes e o depois.

#### **3.1 Descrição da Empresa**

A empresa iniciou suas operações no Brasil em 2003, com a aquisição de uma fábrica de celulose BSC (Bahia Speciality Cellulose) e da Copener Florestal.

Em 2014 o negócio de fibras de viscose da empresa na China foi desmembrado e o restante foi renomeado. Em 2016 a empresa se tornou parte da RGE (Royal Golden Eagle), que gerencia as empresas do grupo nos ramos de celulose e papel, óleo de palma e energia. Em agosto de 2018 a RGE concluiu um negócio de compra de uma empresa de celulose, que era pertencente ao Grupo Local, incluindo em suas operações uma fábrica com produção de 250.000 toneladas de celulose por ano. Em 2019 a RGE unificou a unidade de Camaçari na Bahia (Bahia Speciality Cellulose) e a de Lençóis Paulista em São Paulo, que passariam a operar unificadas com outro nome, ao mesmo tempo anunciaram o plano de expansão da unidade de Lençóis Paulista de 250.000 toneladas ano para 1,5 milhão

de toneladas ano, dando à empresa uma capacidade de produção total de quase 2.0 milhões de toneladas por ano.

O projeto, já em fase final de construção, com a fábrica entrando em operação em setembro de 2021.

Uma das líderes globais na produção de celulose solúvel especial, a empresa baseia suas operações, no cultivo sustentável de eucalipto e fábricas de última geração, a empresa investe continuamente em tecnologias e pesquisas, a fim de oferecer a seus clientes, produtos de alta qualidade, a um preço competitivo, respeitando sempre o meio ambiente e as comunidades onde atua, em todas as suas fases de operação. A sustentabilidade na empresa tem como base, a filosofia de que tudo o que se faz, deve ser bom para a comunidade, bom para o país, bom para o clima é bom para os clientes, só assim então, será bom para a empresa, o compromisso da empresa é com o desenvolvimento sustentável em todas as operações, processos e atividades, sempre investindo tempo e recursos em melhoria contínua buscando a adoção das melhores práticas socioambientais e éticas. Para que isso ocorra, tem sua política baseada em 7 pilares:

1. Cumprimento das regras e regulamentos;
2. Práticas responsáveis de trabalho
3. Desenvolvimento de comunidades locais;
4. Proteção e conservação do meio ambiente;
5. Transparência e responsabilidade;
6. Identificação e monitoramento de impactos;
7. Melhoria contínua e foco no cliente;

Outra ferramenta muito importante que a empresa utiliza é baseada em 6 itens, diz muito das missões e valores da empresa, contempla e foca em:

- Times que se complementam;
- Olhar de dono;
- Desenvolve pessoas;
- Integridade;
- Entender o cliente;
- Melhoria contínua;

Todos esses valores, faz com que a empresa se destaque no setor, principalmente, quando se diz respeito ao meio ambiente, uma vez que que

os resíduos gerados em todo o processo de fabricação da celulose são aproveitados, queimados ou incinerados, uma fábrica ambientalmente correta com poluição zero.

A água usada em todo o processo de fabricação é coletada a 16 km, no Rio Tietê, usada, tratada e devolvida ao Rio em um ponto a jusante da coleta, com melhores características do que a água coletada, com monitoramento contínuo e cuidados para não prejudicar o rio, como turbidez, PH, teor de oxigênio e condutividade.

## 4 PROCESSO DE SECAGEM INDUSTRIAL DA CELULOSE

### 4.1 Conceitos e princípio da secagem

Na fabricação de celulose de mercado (*marketing pulp*), um gasto apreciável é necessário para secar a polpa, a fim de permitir o seu fácil e econômico transporte. Esse custo de secagem incide diretamente no custo de fabricação, já que para isso recursos energéticos são utilizados em quantidade razoável, como energia elétrica, vapor e combustível.

O termo secagem, na fabricação de celulose, refere-se ao processo de remoção da água por evaporação, esse setor, remove a água remanescente da celulose que não foi retirada por prensagem, podendo ser removida apenas por evaporação até teores de 90 a 95%.

Apenas 1,4% do desaguamento são removidos na secagem, o que pode ser incoerente, quando comparamos as dimensões desse setor com outros setores do desaguamento. Entretanto, a força de coesão entre as moléculas de água, e dessas com as fibras do papel, dificulta extremamente a sua retirada, sendo necessário fornecer grande quantidade energia para que essa massa de água mude de estado líquido para o gasoso. E como essa energia não pode ser fornecida em grande escala sem causar danos às fibras de papel, necessitamos de uma área de contato entre folha e fonte de energia relativamente grande de modo a proporcionar um acréscimo gradual de temperatura, de maneira que a evaporação ocorra sem prejudicar a qualidade do produto.

Figura 1 - Princípios de secagem



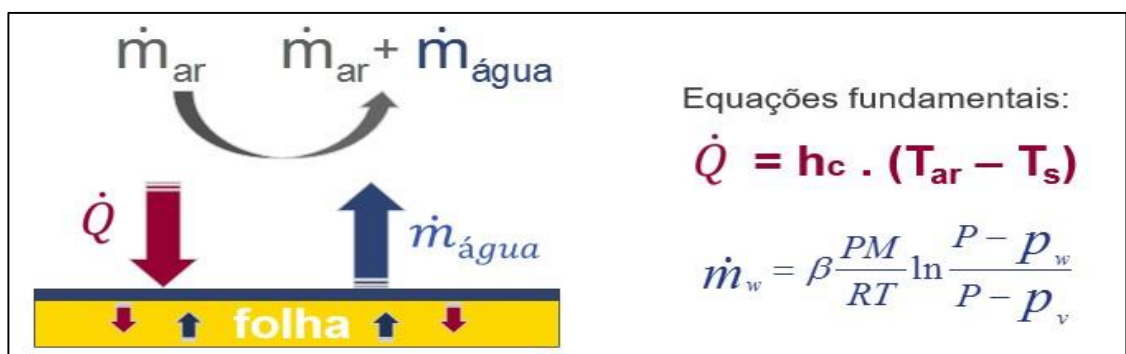
Fonte - arquivo interno da empresa/Voith.

É impossível secar a celulose em sistema convencional até o final do processo sem o uso da evaporação. Para que haja uma operação de secagem correta, vai depender da obtenção de muitas propriedades importante do papel, já que o processo é complexo e todas as gramaturas devem ser secas a temperaturas mais baixas em relação à velocidade da máquina e formação da folha. Deve-se observar que uma aplicação muito rápida de calor à folha, produz endurecimento superficial: Tensão nas fibras, resultando em baixa produção e excessivas quebras na máquina.

A transferência de calor é a ciência que trata das taxas de propagação de calor entre um corpo quente denominado de fonte, e um corpo frio denominado de receptor. O calor é transferido de alguma fonte, tal como vapor para a folha, a fim de fornecer a energia necessária para que se dê a evaporação.

- **Condução:** É o principal meio na secagem com cilindros secadores, é a transferência de calor entre um corpo e outro em contato direto quando não ocorrem movimentos significativos entre qualquer um dos corpos. Ele é caracterizado por um gradiente de temperatura em cada corpo através do qual o calor passa.
- **Convecção:** É o meio principal na secagem em colchão de ar. É a transferência de calor um corpo e um fluido. Ocorre a transferência de calor entre uma porção quente e uma quantidade fria de um fluido.
- **Radiação:** É o principal meio de secagem radiante infravermelho. Ocorre a transferência de calor de um corpo a outro, através do vácuo ou um gás, (corpo de alta temperatura para o outro de temperatura mais baixa

Figura 2 - Princípios de secagem II



Fonte: arquivo interno da empresa/Voith



Transferência de calor:  $h_c$  = coeficiente de transferência de calor por convecção

$T_a$  = temperatura do ar quente

$T_p$  = temperatura da polpa

$Q$  = Transferência total de calor

Transferência de massa:

$\beta$  = Coeficiente de transporte de massa

$P$  = Pressão do ar

$P_W$  = Pressão parcial de vapor

$P_V$  = Pressão do vapor (saturação)

$T$  = Temperatura

$R$  = Constante universal dos gases

## 4.2 Técnicas de secagem

Existem várias técnicas de secagem que são utilizadas na indústria, a fim de se obter o melhor resultado no produto final, ou preparar o produto para a próxima etapa do processo.

### 4.2.1 Secagem ao ar livre

A secagem ao ar livre é uma técnica utilizada por vários setores da indústria, agricultura, química, comércio e até mesmo em casa para secar as roupas.

Dentre os vários métodos existentes, a secagem da madeira ao ar livre é o mais simples e que menos requer investimentos. Conhecida, também, por secagem natural, este procedimento consiste em manejar as peças de madeira sob a forma de pilhas em locais abertos, de maneira que a madeira seque devido às forças da natureza, fazendo com que ocorra a redução do seu teor de umidade até o ponto de equilíbrio higroscópico (Zanuncio *et al.*, 2014).

De acordo com Ponce e Watai (1985), a secagem da madeira ao ar livre tem como principal objetivo fazer com que esta perca a maior quantidade de água possível, devido a influência do ar. Muitas vezes esse método é utilizado como uma présecagem, mas também pode ser usada como uma secagem completa,

dependendo do seu uso final e da região onde se situa. A perda de água por este método é maior nas primeiras semanas (Rezende *et al.*, 2010), pois, a água livre presente nas cavidades celulares dos elementos vasculares da madeira sai facilmente através da evaporação, uma vez que é mantida na madeira por forças capilares muito fracas, facilitando a saída de água.

Na indústria, no setor de celulose e papel, por exemplo, é usado essa técnica para secar a madeira (eucalipto) que é cortada, antes de ir para o processo de produção de celulose, normalmente após ser cortada, fica armazenada no local para melhorar o seu teor de umidade, normalmente, e em média, ficam de 50 a 60 dias no campo. Entre os processos de beneficiamento da madeira, a secagem é uma etapa de grande importância, que consiste no processo de redução da quantidade de água existente na madeira a fim de levá-la a um teor de umidade definido, com o mínimo de defeitos, no menor tempo possível e de forma economicamente viável, para o uso a que se destina (Martins 1988).

De acordo com Stein (2003), além de melhorar a umidade da madeira que vai ser usada no processo, ganha-se no custo do transporte, pois a madeira com teor de umidade menor, conseqüentemente, seu peso também será menor, diminuição de ataques por agentes xilófagos e, o aproveitamento das condições ambientais.

Algumas madeiras secam mais rapidamente que outras, em função da sua estrutura anatômica, algumas espécies possuem vasos mais abertos ou mais abundantes que outras espécies, favorecendo a circulação da umidade no seu interior e, conseqüentemente, a sua secagem.

#### **4.2.2 Secagem em Leito Fluidizado**

Quando se fala em leito fluidizado, é algo que soa estranho, mas é comum esse espanto, pois é uma técnica não tão conhecida para secagem de material, mas muito utilizada na indústria, química e farmacêutica.

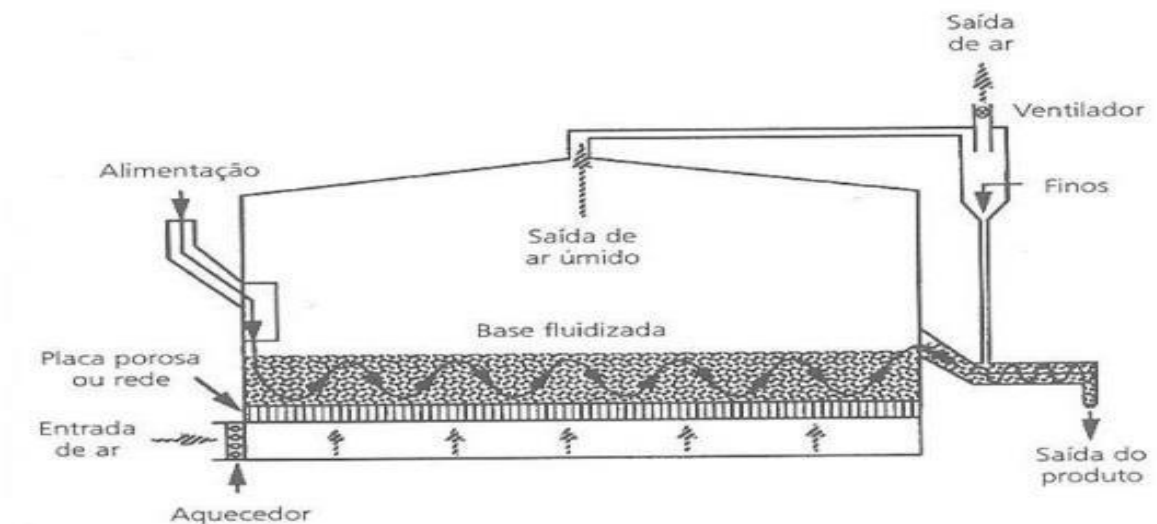
Os secadores de leito fluidizado empregam a fluidização gás-sólido num processo de contato entre duas fases, a fase sólida, sob as condições de fluidização, assume o estado 'como um fluido'. Por outro lado, a fase gasosa escoia sobre o leito de partículas com certa velocidade para que ocorra a fluidização. No secador de leito fluidizado, a secagem ocorre por um mecanismo combinado de transferência de momento, calor e massa.

O processo de secagem em leito fluidizado com ar aquecido é altamente indicado para materiais em pó ou granulados úmidos. Esta técnica permite operar com temperaturas reduzidas em relação aos processos convencionais de secagem térmica, resultando em economia de energia e um produto de melhor qualidade. A câmara fluidizada do secador, construída de forma modular, oferece a vantagem de operar tanto com energia térmica residual (gases de chaminé de caldeira), trocador de calor, queimador a gás, resistência elétrica, entre outros. Os sistemas de alimentação e descarga podem ser desenvolvidos de acordo com o material a secar ou as instalações físicas do cliente, fazendo com que todo o conjunto se integre ao processo. Um difusor de fluxo de ar, responsável pela movimentação do material dentro do secador, mantém o material em suspensão, permitindo um fluxo regular. Desta forma, aumenta a eficiência de evaporação da água contida no material, pelo fato do mesmo se encontrar na forma pulverizada dentro da câmara de leito fluidizado. Quando o material atingir o nível de umidade desejado o sistema de transporte pneumático fará a extração do mesmo por meio de dutos até um ciclone, responsável pela separação do material seco dos gases de secagem. Após a secagem os gases podem ser conduzidos a um sistema de filtragem, de acordo com o produto a secar e a fonte térmica utilizada no processo, como por exemplo: filtro de mangas, filtro de cartucho, lavador de gases, entre outros.

Até mesmo na indústria de celulose, usa-se o conceito de leito fluidizado, as caldeiras modernas que queimam biomassa, usa esse princípio, onde a biomassa é alimentada no leito, sofre a pré secagem em um leito de areia e posterior queima do material, onde o calor liberado pela queima desse combustível, vai gerar vapor para o processo de fabricação.

Secador de base fluidizada de operação contínua e com sistema de recuperação de finos:

Figura 3 - Secagem por fluidização



Fonte: [Spray process.com.br/secagem por fluidização](http://Spray process.com.br/secagem por fluidização)

#### 4.2.3 Secagem por atomização

O processo de secagem por atomização consiste em pulverizar o produto dentro da câmara submetendo-o a uma corrente controlada de ar quente, gerando a evaporação dos solventes, em geral água, obtendo-se a separação ultrarrápida dos sólidos e solúveis contidos com a mínima degradação do produto em secagem, finalizando o processo com a recuperação do produto já transformado em pó. O equipamento expõe o solvente do produto a um gradiente controlado de temperatura por alguns poucos segundos fazendo com que o mesmo se evapore instantaneamente com um mínimo de elevação da temperatura do material seco em processo.

O controle e ajuste fino dos parâmetros do equipamento, permitem a flexibilização do seu uso, tornando a secagem por atomização um dos mais versáteis e flexíveis sistemas de secagem do mercado, possibilitando a obtenção de um produto final de excelente qualidade.

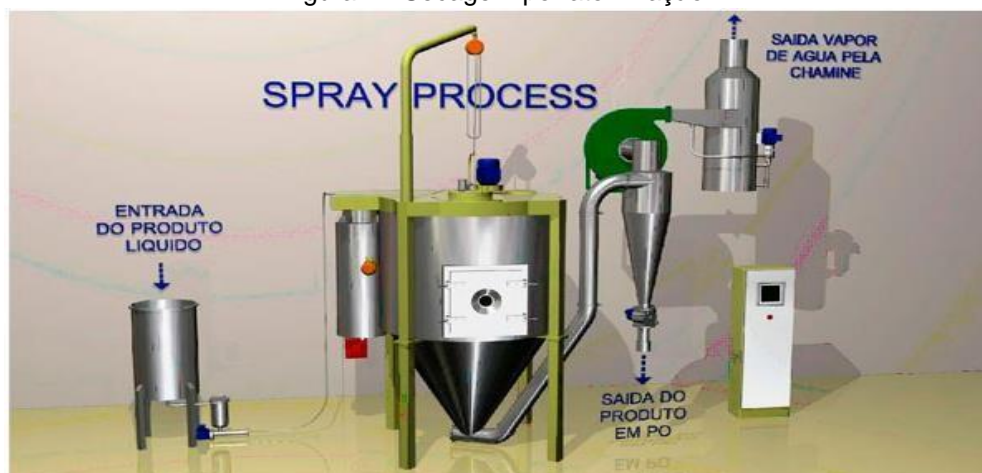
A Secagem por Atomização é também usada para a preservação dos alimentos. Mediante este processo simples e ultrarrápido, se consegue secar os sólidos e sólidos solúveis, com a mais alta qualidade e com a preservação das características essenciais. Este processo também oferece vantagens na redução dos pesos e volumes. O processo se caracteriza em pulverizar o fluido ou mistura de fluidos dentro de uma câmara submetida a uma corrente controlada de ar quente. Este fluido é atomizado em milhões de micro gotas individuais mediante um disco rotativo ou bico pulverizador. Através deste processo a área de superfície de contato do

produto pulverizado é aumentada enormemente, que encontrando dentro da câmara com a corrente quente de ar de secagem produz uma vaporização rápida do solvente do produto, em geral água, provocando frigorias no centro de cada micro gota onde se encontra o sólido, que seca suavemente sem choque térmico, se transformando em pó, e concluindo o processo, com a coleta do mesmo.

Observações:

- O forno indireto é indicado para que os gases de combustão não entrem em contato com o produto, condição praticamente obrigatória quando se trata de produto para exportação.
- O atomizador auxiliar proporciona continuar com a máquina funcionando quando houver necessidade de manutenção desta peça.
- Lavador de gases: onde a legislação não permite qualquer poluição, o lavador retém os sólidos finos que eventualmente sairiam pela chaminé, liberando somente os vapores de água e gases de combustão.

Figura 4 - Secagem por atomização



Fonte - [sprayprocess.com.br](http://sprayprocess.com.br)

#### 4.2.4 Secagem em secador horizontal (Secador Flakt)

O secador flakt tipo FC utiliza ar aquecido para secar e sustentar a folha de celulose. A manta é introduzida na parte superior do secador e é transportada sobre um colchão de ar, enquanto se desloca horizontalmente para frente e para trás, sucessivamente, em diversos passos, através do comprimento total do secador, até ser retirada na saída, situada no nível inferior. No secador FC, a folha é estabilizada a uma determinada distância sobre as caixas sopradoras e a operação é feita com

tensões na folha consideravelmente menores que nos secadores a ar mais antigos. A baixa tensão aplicada à folha permite a operação com celulose de menor resistência à tração do que foi necessário no passado. Isto resulta em uma operação mais segura e, portanto, com menor quantidade de paradas, o que tem importância especial, considerando as grandes linhas de produção atualmente.

O sistema de insuflamento de ar do secador Flakt tipo FC foi inicialmente desenvolvido e utilizado, durante vários anos, nos secadores de papel Flakt. O princípio utilizado no sistema de insuflamento de ar é baseado no princípio que utiliza o fenômeno pelo qual um jato de ar entre duas superfícies (a caixa sopradora e a manta de celulose) gera forças, que tendem a manter uma certa distância entre elas, conforme ilustração da figura.

#### **4.2.5 Secagem em secador vertical**

O secador de celulose vertical, baseia-se na condução vertical da folha e é um equipamento de secagem sem contato, onde se utiliza ar aquecido para a transmissão de calor. A folha entra na máquina pela parte inferior, sendo conduzida em passes verticais alternados para cima e para baixo até sua saída também pela parte inferior. Neste processo, a folha é guiada por meio de rolos guias posicionados nas vigas longitudinais superiores e inferiores do secador. O processo de secagem é fundamentado na transferência de calor convectiva, segundo a técnica de jatos de ar colidentes. Estes jatos são direcionados perpendicularmente à folha de celulose sob condições pré-definidas de velocidade, distância de sopro e temperatura. A distribuição de ar sobre a folha de celulose é feita através de uma série de caixas sopradoras com furação específica, projetada para garantir ótima transferência de calor e distribuição transversal de ar homogênea. O ar atinge a folha entregando calor, captura a água evaporada e é então recirculado e reaquecido, por meio de ventiladores centrífugos e radiadores ar-vapor localizados na parte externa da câmara de secagem (torres de ventilação) A potência requerida para aquecer e evaporar a água contida na folha é, portanto, fornecida pelo vapor que condensa dentro dos radiadores ar-vapor.

Durante o processo, além do vapor de condensação, uma pequena parcela de vapor de arraste também é conduzida através dos radiadores. A remoção de condensado dos radiadores é favorecida pela ação da gravidade e é definida em

função do diferencial de pressão ajustado entre alimentação e descarga. A remoção do ar dentro do secador é realizada por meio do sistema de ventilação de insuflamento e exaustão. No insuflamento o ar é pré aquecido por dois trocadores, sendo um trocador ar-ar e outro ar-vapor flash, o que promove o aumento da eficiência no processo de secagem. Na exaustão, o ar é captado através de dutos instalados na parte superior do secador. O ar exaurido é succionado pelo ventilador de exaustão, passando pelo trocador ar-ar para o reaproveitamento de energia ainda existente no ar, após este processo o ar passa pelo silenciador e é direcionado para atmosfera.

A função básica da máquina de secagem, é remover a água da folha, é feita em três fases que operam baseados em diferentes princípios,

1. Formação: desaguamento utilizando as características hidrodinâmicas do líquido, nessa fase elimina 95% da água;
2. Prensagem: desaguamento por compressão mecânica, na prensagem elimina 3% da água;
3. Secagem: desaguamento por evaporação, por meio do fornecimento de calor nos cilindros secadores, nos secadores elimina o restante da água, em torno de 2%.

O departamento de Secagem e Acabamento além dessas três funções, também é responsável pela embalagem e estocagem dos fardos. Esse é o último estágio do processo de produção de celulose, onde a polpa já branqueada vai passar por um processo de secagem para ser transformada na folha de celulose, que é matéria prima para diversos tipos de papéis. Setor na empresa onde foi realizado o estágio.

Após a passagem pelo branqueamento a polpa é enviada à torre de massa branca, nesta torre é feito um controle da consistência para que seja enviada para a máquina, a uma consistência de 3,5 a 4,0%, com Ph controlado entre 4,2 a 4,8, caso esse valor fuja da faixa de trabalho, é dosado ácido sulfúrico na massa, ainda na saída do branqueamento, para ajustar o Ph dentro dos parâmetros de operação ainda no branqueamento, antes de entrar na torre de massa branca.

Para que a massa possa chegar até o setor da máquina de secagem, existem duas bombas, uma operando normalmente e a outra em *stand-by*, bombeando essa massa constantemente, percorrendo toda a extensão do PIPE RACK, até chegar na máquina de secagem, onde a massa é depurada em depuradores, ajustado a

consistência e retirado as impurezas e materiais mais pesados, como areia, ferrugem, etc;

Figura 5 - Torre de massa branca



Fonte: Arquivo Bracell

Já na máquina de secagem, parte da polpa de celulose vai para o engrossador, para retirada de água para ajuste na consistência, que é em torno de 4,0% e a outra parte vai para o tanque de massa não depurada, desse tanque a massa passa pela depuração e por três estágios de Cleaners que são responsáveis pela retirada de impurezas e contaminantes que podem estar contidos na polpa, após passar pela depuração a massa alimenta o tanque de massa depurada, em seguida o hidromix, o próximo caminho da polpa é a caixa de entrada da mesa formadora.

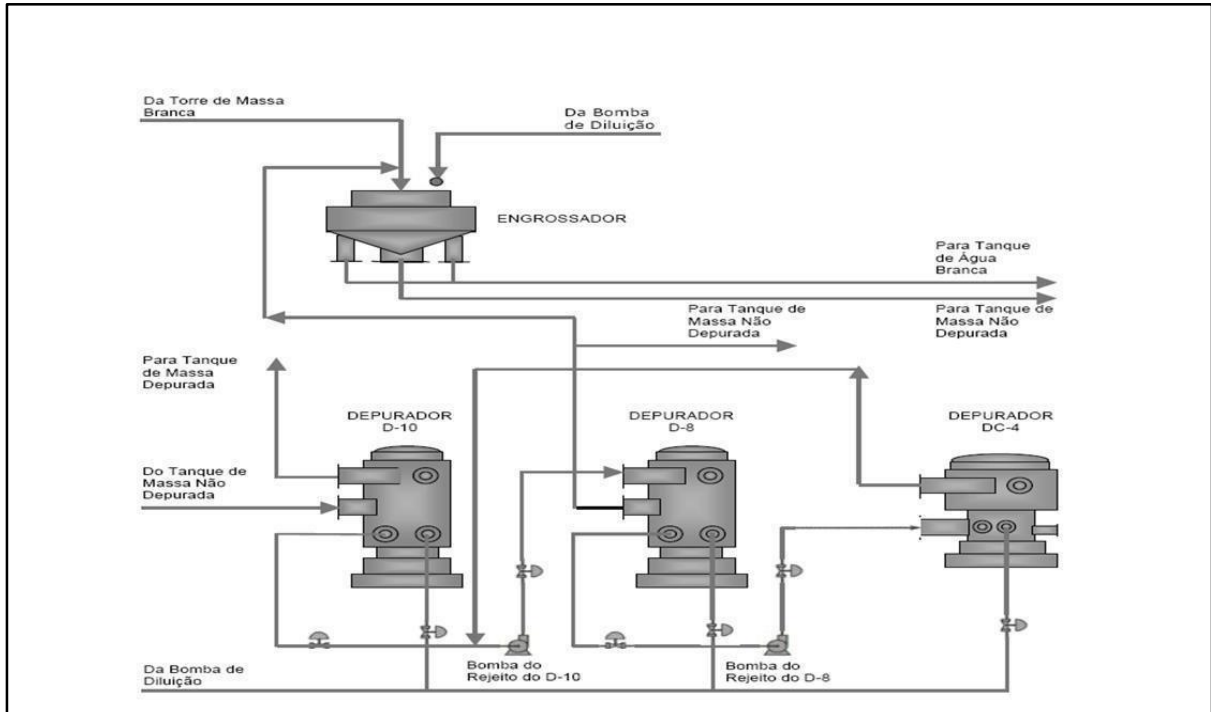
As fábricas de papel utilizam um volume muito grande de água em suas operações e a busca do seu reaproveitamento ainda é nos dias de hoje um fator de constantes estudos. A maioria da água que é desaguada na seção de formação da mesa plana é utilizada para alimentar vários setores da fábrica. Mas esta água desaguada contém certo teor de fibras de, aproximadamente, 10%, na sua maioria finos que atravessam os orifícios da tela formadora e se encontram em suspensão nesta água. Estima-se que esta quantidade de fibra que passa pela tela seja algo em torno de 5% do total (dependendo do tipo de processo, é óbvio). Representa, portanto, uma quantidade bastante expressiva.

A água que é retirada no engrossador, alimenta o tanque de água branca, que posteriormente será utilizado no processo, já a água com contaminantes que sai dos



Cleaners, vai para a estação de tratamento de efluentes da fábrica, para ser tratada e devolvida ao rio.

Figura 6 - Depuração



Fonte: Arquivo Bracell

#### 4.2.6 Depuração

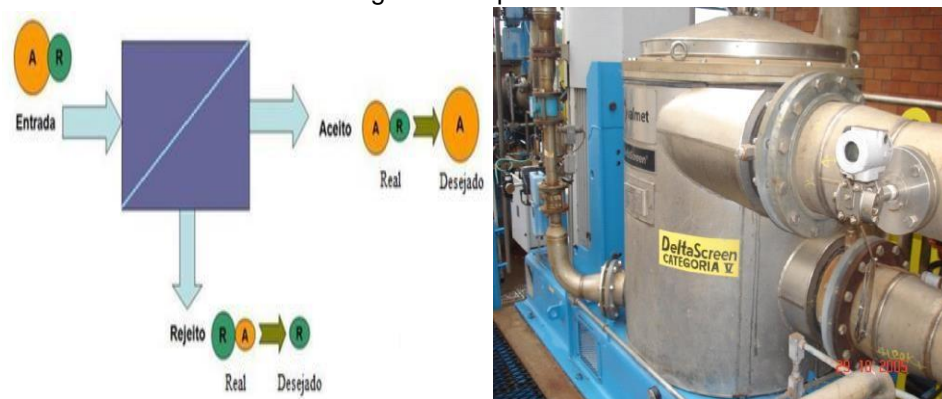
A qualidade do papel a ser produzido depende fortemente do grau de limpeza da massa. Pastilhas, nós, areia, partículas metálicas, etc., causam danos à máquina de papel, desgaste de equipamentos, problemas na secagem e consumo adicional de vapor. Depuração é o nome que se dá à operação de limpeza da mistura de celulose com os demais componentes da receita. Deve-se ter sempre em mente que o maior desafio da depuração é fazer com que o “aceite” tenha menos “rejeito” e o “rejeito” tenha menos “aceite”.

A depuração destina-se a retirar sujeiras e outros corpos estranhos, que são indesejáveis para a aparência e finalidade da folha de papel. A qualidade do papel depende fortemente do grau de limpeza de massa. As impurezas podem vir de várias fontes: da matéria prima fibrosa, papéis reciclados, impurezas introduzidas durante o transporte, produtos químicos, proveniente de equipamentos, água, processo de fabricação, etc. Podemos classificar em quatro tipos de contaminações:

- Contaminações da massa (exemplos: fibras sem beneficiamento, fibras entrelaçadas, “stickies”, cargas, etc.);
- Contaminações externas na fábrica de papel (exemplos: sujeiras das embalagens, arame das embalagens);
- Contaminações internas à fábrica (exemplos: ferrugem dos canos, cavacos de madeira, pedaços de concreto, etc.).

A eliminação das impurezas é necessária tanto do ponto de vista do papel acabado como do próprio funcionamento do processo. Com relação ao papel, a presença de impurezas afeta as características mecânicas (a impureza é um ponto débil) e ao aspecto exterior (alvura, por exemplo). Com relação à fabricação, a presença de impurezas volumosas ou gelatinosas pode causar perfurações e quebras no papel na saída da máquina, na seção de prensas e na seção de secagem. Os motivos pelos quais as impurezas são removidas nos processos de fabricação de papel, bem como a eficiência de depuração, dependem de cada processo.

Figura 7- Depurador



**Fonte:** Curso de fabricação de papéis "TISSUE" - ABTCP

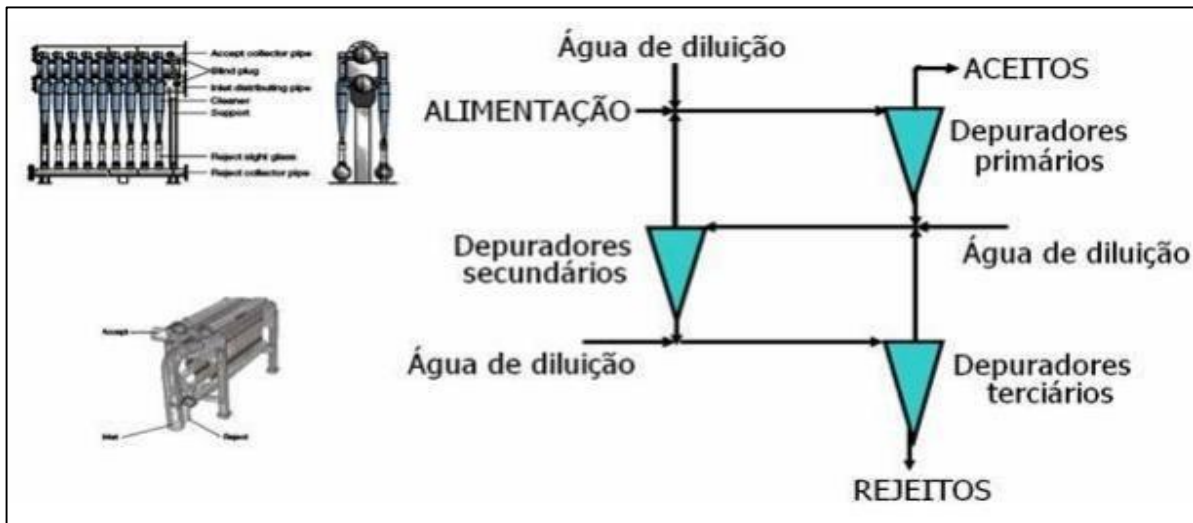
Os depuradores centrífugos são cones, nos quais a suspensão de fibras entra tangencialmente e por diferença de pressão de entrada e saída, provoca um movimento de rotação interno (vórtice), gerando uma força centrífuga que separa por diferença de densidade todas as impurezas ou contaminantes mais pesados que as fibras. A alta eficiência do equipamento é conseguida quando a operação é realizada corretamente, ou seja, para cada tipo de material (fibroso), da natureza e do tratamento das sujeiras, será ajustada a consistência ideal e o diferencial de pressão correto. Em seu desenvolvimento, um desenho de separador centrífugo é determinado considerando o fluxo com o respectivo diferencial de pressão em relação à eficiência

de separação, ou seja, por razões óbvias procura-se a melhor eficiência com o menor diferencial de pressão. O funcionamento dos depuradores centrífugos é baseado na diferença de massa específica das fibras e impurezas que serão separadas pela ação da força centrífuga.

A suspensão fibrosa contendo sujeiras é introduzida tangencialmente na parte superior do aparelho, o qual tem uma forma de um longo cone invertido. Imediatamente, a massa desenvolve um movimento de rotação e assim, penetrando na parte cônica, as partículas descem com uma trajetória espiralada em direção ao vértice e rapidamente adquirem aceleração uniforme. A força centrífuga, sob a qual as partículas mais pesadas mantêm-se junto à parede do aparelho, aumenta muito na zona próxima do vértice do cone. À medida que o fluido se aproxima do vértice, o espaço torna-se grandemente menor e a parte da suspensão mais afastada da parede reverte à direção do fluxo. O material em suspensão ascende em uma espiral em torno do eixo vertical do cone e é retirado como aceite na parte superior. O material pesado, que se concentra junto à parede, acompanha uma trajetória espiralada descendente até atingir o vértice do cone, de onde é recolhido como rejeito.

Os separadores centrífugos ("hidrociclones", "center cleaners" ou, simplesmente, "cleaners") são utilizados principalmente para retirar pequenas partículas de sujeira de elevada massa específica da massa, cuja remoção seria muito difícil ou impossível, somente com o emprego de peneira. Devido sua pequena capacidade individual, os ciclones são montados em grupos e alimentados por uma linha comum, e os aceites coletados em uma mesma tubulação. Assim cada estágio é constituído por uma bateria de ciclones ligados em paralelo.

Figura 8 – Depuração por centrifugação (Cleaners).



Fonte: Apostila “Curso básico de fabricação de papel” – ABTCP)

#### 4.2.7 Formação da folha de celulose

Após ajuste de consistência, gramatura e retirada de impurezas, a polpa é distribuída uniformemente na mesa plana, através de vários bicos distribuídos na caixa de entrada da mesa, a caixa de entrada da máquina é do tipo pressurizada, opera com pressão em torno de 3,4 KPA.

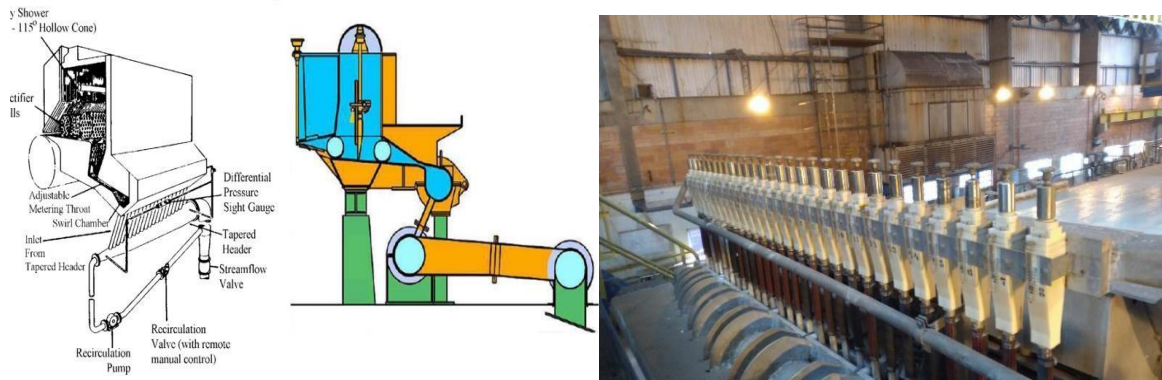
A mesa plana tem a função de suportar a tela ao receber o jato de massa vindo da caixa de entrada. Consiste de uma tela sem fim que escorrega sobre uma série de elementos desaguadores suportados numa estrutura física adequada, além destes elementos, a mesa plana possui uma série de acessórios, tais como os rolos guias e os chuveiros limpadores da tela formadora.

Essa é a primeira etapa do processo de secagem, onde a mesa plana é responsável em retirar grande parte da água presente na polpa, a proporção de desaguamento nesta seção é de 95 a 97% gerando um custo de 10% na fabricação da celulose.

Dentro do processo de fabricação de papel, a caixa de entrada ocupa uma posição de extrema importância, representa o elo de união entre a parte constante (“approach flow”) da instalação de preparação de massa e a máquina de secagem, cabendo-lhe a tarefa de introduzir e distribuir a massa de fibras em suspensão ao longo de toda a largura da máquina, a um fluxo com volume e pressão constantes quanto ao tempo e a ponto de incidência na zona de formação da folha, com concentração uniforme de material fibroso e de enchimento (Francisco Viana Barbosa). Nessa seção, para se ter uma boa formação na mesa plana, o jato deve ser

homogêneo e estável em toda largura da máquina e desflocular, sem variações de velocidade do jato e sem variações de consistência e perfil.

Figura 9 – Caixa de entrada pressurizada da mesa plana



Fonte: International Paper – Curso ABTCP – Caixa de Entrada & VOITH

A formação é a chave do sucesso para se obter um bom produto acabado. O formador do tipo “Crescent Former”, comprovadamente, proporciona uma formação bem superior à mesa plana, independentemente da matéria prima. Um formador é composto por rolos cabeceira, rolos-guia para suportar a tela e rolo acionador. No caso do “Crescent Former”, o rolo formador é o próprio acionador. Um desses rolos guias é utilizado para tencionar a tela e outro rolo guia é utilizado para esticar a tela.

No formador de mesa plana, todos os rolos são fixos e no “Crescent Former” o rolo cabeceira deve ter posição ajustável para permitir melhor alimentação e direcionamento do jato. O último rolo guia deve ser também ajustável para não interferir na saída da folha. No formador “Crescent Former”, a grande preocupação é como o recolhimento da água branca. Pelo volume, direcionamento do fluxo e o pequeno espaço físico, este recolhimento tem que ser adequadamente dimensionado para evitar turbulências, incorporação de ar e permitir homogeneidade no fluxo. Esta preocupação também deve ter com a mesa plana, porém, neste caso a condição física favorece a instalação.

Os fatores mais importantes que afetam o processo de formação da folha são os seguintes:

- Matérias-primas e tipos de fibra;
- Consistência da massa na caixa de entrada e grau de refinação: normalmente trabalhamos com consistência na caixa de entrada na ordem de 2 a 4 g/l (0,2 a 0,4%), e as fibras devem estar uniformemente distribuídas e homogeneamente dispersas na suspensão;

- A geometria do jato da caixa de entrada;
- Velocidade do jato em relação à tela;
- Tipo de tela / feltro; ● Retenção de fibras.

A máquina com a mesa plana tem as seguintes características de processo: Outra característica deste formador é a necessidade de refile contínuo (cerca de 12 cm cada lado) na saída da tela, para limitar o formato. O recolhimento de água branca é dividido em duas partes. A primeira, que corresponde a cerca de 90% do total, através de bandeja metálica de simples construção, e pelo espaço, direcionamento de fluxo vertical e configuração disponível, pode ser planejada de forma simples somente respeitando seu direcionamento. O segundo deságue é dirigido a uma caixa de selagem, pois é feito através de vácuo. Este fluxo por ser “pobre” em sólidos e retorna ao processo no circuito secundário. As principais características da mesa plana são:

- Tipo de formação convencional;
- Potencial de velocidade limitado (aproximadamente 1000 m/min);
- Utilização de média consistência na caixa de entrada; ● Dificuldade em se obter melhor formação;

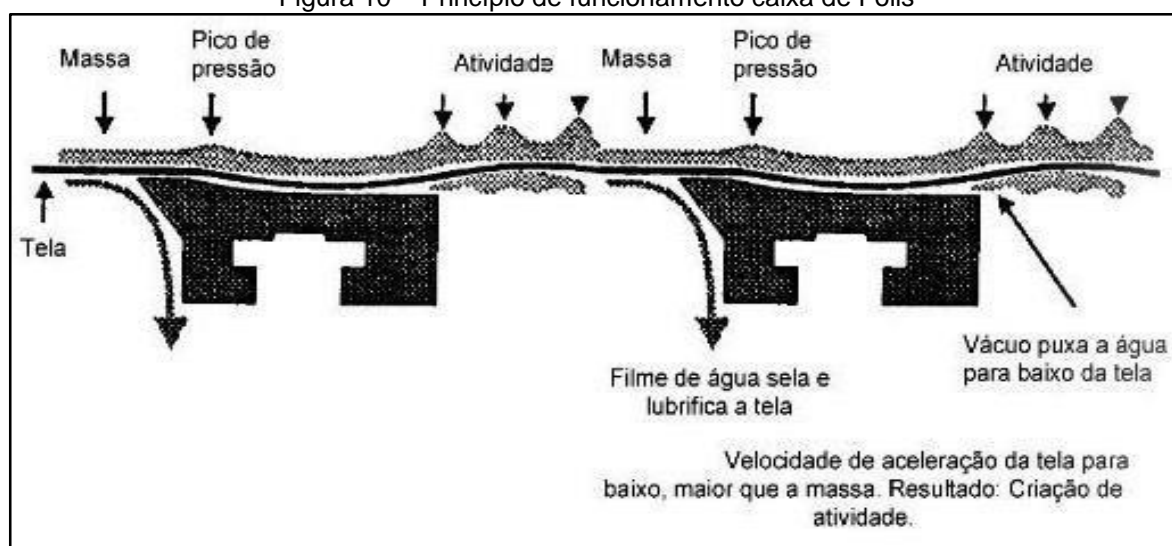
Limitações na relação de tensões longitudinais e transversais. Os elementos básicos deste tipo de formador são:

- Rolo cabeceira sólido ou ranhurado tipo "equateur"; ● Elementos desaguadores da mesa.

Para este tipo de formador é necessário que o desaguamento ocorra de uma maneira brusca em cima do rolo cabeceira tipo ranhurado. Estima-se que 80 % da água deva ser removida logo na entrada da mesa e o restante ao longo dos elementos desaguadores, devendo ocorrer de uma maneira uniforme gradual e positiva. Esta drenagem ao longo da mesa plana deve obedecer aos limites de trabalho para não afetar a formação da folha. No início da formação devemos utilizar “foils” com pequenos ângulos e bem espaçados, dando com isso uma agitação moderada nas fibras e permitindo atingir as propriedades e qualidade de formação da folha desejada, sempre adotando a sistemática de ser gradativa para evitar as excessivas perdas de finos e de outros problemas que afetem a qualidade da folha.

Na parte inferior da mesa, estão as réguas de “FOILS”, as caixas de sucção e as caixas de vácuo, a primeira caixa existente na mesa é a caixa hidrofólis, onde o vácuo ocorre por gravidade. Hidrofoils” ou “foils” são elementos estáticos de desaguamento constituídos de uma lâmina cuja inclinação varia de 0° a 5°. A tela (elemento móvel) ocasiona o arrasto de ar, esta quantidade de ar não pode ser recuperada pela atmosfera, e assim, após a zona de contato (“foil”- tela) se produz o vácuo. Quando a tela sai de um “foil” a água não removida fica colada na parte inferior da mesma, no “foil” seguinte a tela em contato com o ângulo de ataque do “foil” faz com que a água retida na sua parte inferior seja eliminada.

Figura 10 – Princípio de funcionamento caixa de Foils

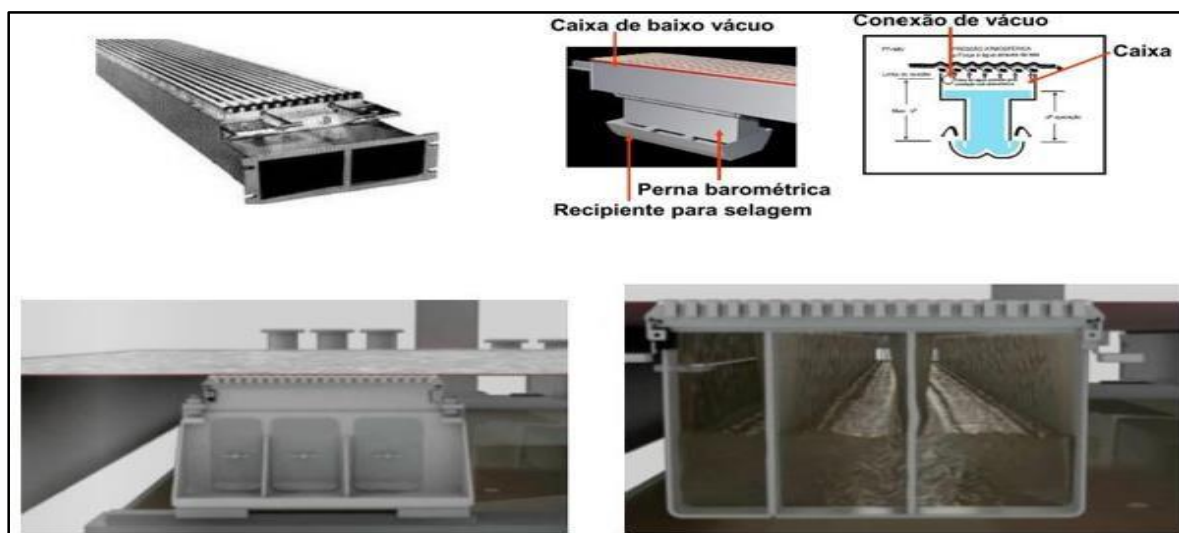


Fonte: III seminário de papel e celulose SENAI

Após a drenagem com elementos desaguadores de alta drenagem, entra-se na fase de drenagem severa através das caixas de vácuo.

As caixas de alto vácuo, também conhecidas por caixas de sucção da tela, são revestidas por material plástico ou cerâmico, com aberturas de sucção do tipo rasgo ou orifício. Devido à sua dureza, o material cerâmico não se impregna com partículas duras (tais como quartzo), evitando desgastes localizados na tela. De uma maneira geral, o vácuo nelas aplicado cresce de caixa para caixa, no sentido da tela. As primeiras caixas retiram maiores quantidades de água do que as últimas.

Figura 11 – Caixa de vácuo, baixo vácuo e caixa tripla de alto vácuo.



Fonte – Senai “III seminário de papel e celulose, formação da folha”

Na mesa plana, grande parte da água é drenada da polpa naturalmente pela própria dinâmica do movimento da massa sobre o feltro por duas caixas embaixo da mesa e conforme a polpa vai avançando sobre a mesa o vácuo se encarrega de drenar o restante da água que ainda contém na polpa, a mesa contém 6 caixas de baixo vácuo que trabalha com pressão de -0,6 KPA, 6 caixas de médio vácuo com (-30) KPA de pressão e 6 caixas de alto vácuo, onde o vácuo está em torno de -60 KPA.

A placa formadora (forming board) é o primeiro elemento da mesa e sua função é evitar a drenagem instantânea da água, sustentar a tela para receber o jato de polpa e retirar parte do ar arrastado com a tela, como podemos ver na figura 17.

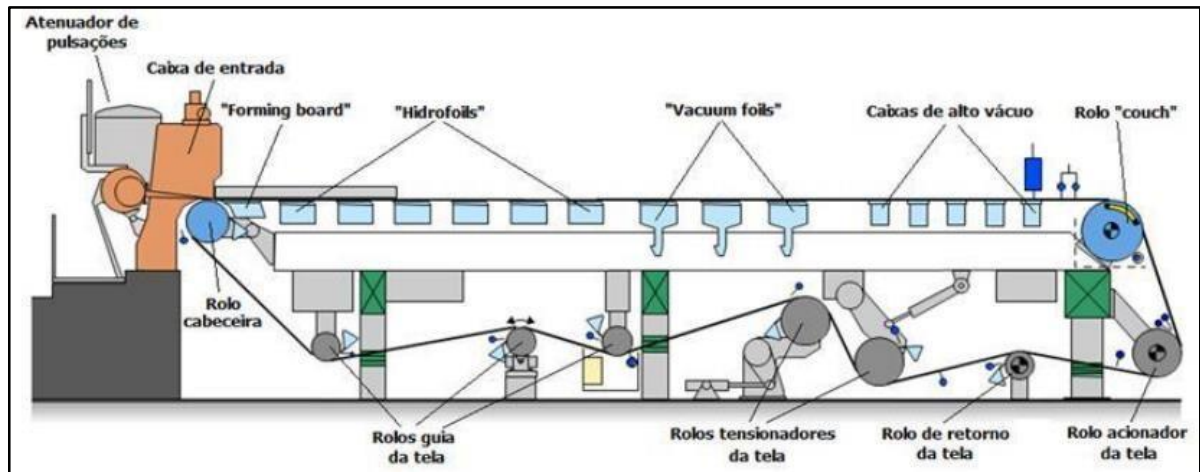
Figura 12 – Forming Board



Fonte: Senai “III seminário de papel e celulose, formação da folha”

Figura 13 – Caixa de entrada e mesa plana.

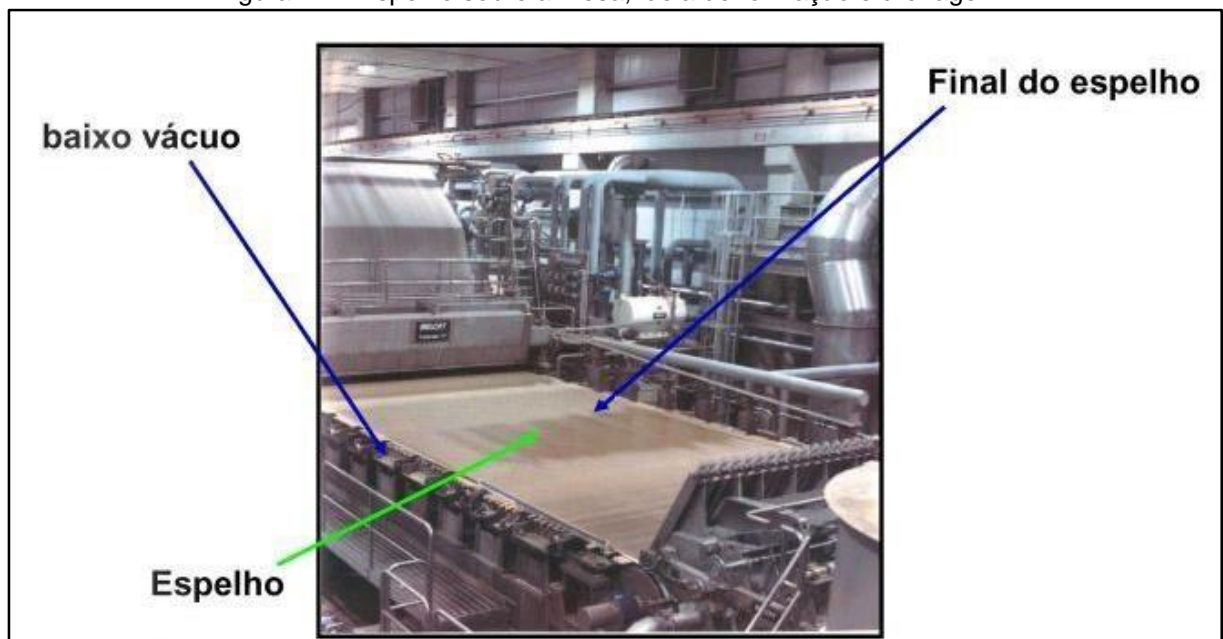




Fonte – Apresentação Voith / ABTCP & Catálogo “Sistemas de formação e drenagem” – Albany.

Observando a formação da manta ao longo da mesa, podemos observar uma maior drenabilidade e conforme o vácuo vai aumentando já no alto vácuo, fica nítido o final do espelho, conforme ilustra na figura abaixo.

Figura 14 – Espelho sobre a mesa, ideia de formação e drenagem.

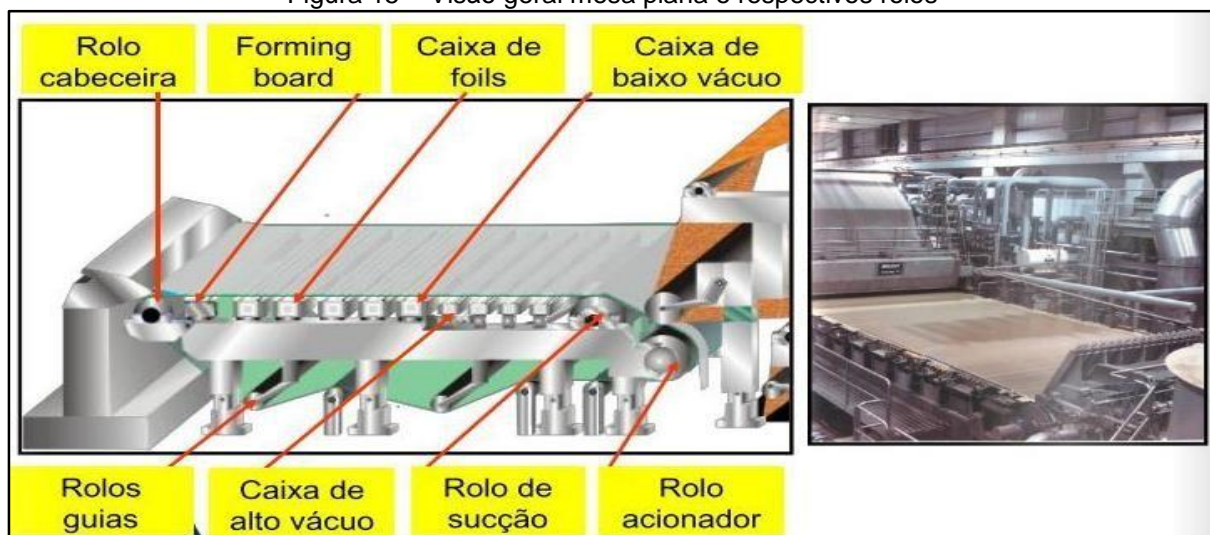


Fonte - Senai “III seminário de papel e celulose, formação da folha”

A tela da mesa formadora que roda em um curso sem fim, é acionada por um rolo, o qual chamamos de rolo de acionamento, que tem a função de acionar a tela ou feltro na partida de máquina, o rolo de sucção ou rolo Pick-Up, que tem a função de transferência da folha e tem vácuo, ainda tem o rolo guia, que sua finalidade é guiar a

tela ou feltro no processo de fabricação e o rolo cabeceira, esse é o primeiro rolo da mesa plana da máquina de papel. Geralmente é revestido ou construído de material não corrosivo, tal como ebonite, bronze centrifugado, fibra de vidro, etc. Nas máquinas antigas, normalmente é retirado para permitir a colocação da tela. Nas máquinas de mesa plana tipo “Cantilever”, apenas é abaixado em um movimento circular, para diminuir o comprimento da mesa plana e permitir a entrada da tela, na mesa plana da empresa, é usado esse sistema, para efetuar a troca da tela, o rolo é somente movimentada, para permitir a entrada da tela, na mesa plana da empresa, usa-se esse tipo de rolo, que facilita a troca da tela.

Figura 15 – Visão geral mesa plana e respectivos rolos



Fonte – Senai – seminário de papel e celulose

#### 4.2.8 Seção de prensas

O conceito básico de prensagem foi primeiramente formulado por B. Wahlstrom em 1.960, e progressivamente refinado pelo próprio Wahlstrom e muitos outros, resultando no rápido desenvolvimento do conceito de prensagem. O modelo matemático de Wahlstrom apresentado no Simpósio Internacional de Prensagem e Secagem em 1.968, é o mais difundido e foi de grande valia para o entendimento da prensagem entre os “nips” de pressão controlada e fluxo controlado.

A prensagem úmida era originalmente baseada na compressão mecânica da folha de papel entre dois rolos sólidos. Esta compressão faz a água escoar a partir do “nip”, isto é, da linha de menor distância entre os rolos, através do rolo inferior. Em

máquinas de baixa velocidade, o uso de rolos lisos e sólidos era um modo eficiente de remoção de água, mas não adequado em máquinas com velocidades altas, devido à necessidade de se retirar maior quantidade de água em menor tempo que a capacidade que os feltros possam comportar, causando assim o esmagamento da folha. Nas máquinas atuais, a prensagem é feita com rolos de sucção, ranhuradas ou com furos cegos, que possuem capacidade de remoção de água muito maior que as prensas de rolos lisos. No caso das prensas de sucção a remoção da água é efetuada pela ação combinada da compressão mecânica e da sucção, aplicada através da estrutura porosa do rolo inferior.

Na máquina a resistência mecânica da folha úmida aumenta à medida que a água é removida. Na saída da caixa de entrada a suspensão de fibras que está com uma consistência de 0,2 %, por exemplo, e por drenagem chega a 2,5 % quando se aproxima das caixas de sucção e, dependendo do papel, alcança após passar pelo rolo de sucção uma concentração de sólidos de 10 a 20 %. Estes são os limites possíveis de remoção de água por vácuo. O filme de água, mantido pela tensão superficial das fibras, pode ser removido por prensagem. A água remanescente após prensagem estará retida por força da capilaridade dentro dos poros das fibras e dentro dos cristalitos da celulose. Esta água, principalmente a última, só pode ser removida pela aplicação de calor. A umidade na seção de prensagem na celulose Kraft pode ser reduzida de 90% para 70%.

Saindo da mesa plana, a folha é guiada e transferida até a prensagem da máquina, e a função primordial da prensagem de uma máquina de papel é remover a quantidade máxima possível de água da folha de celulose (para incremento do teor seco) antes de submetê-la à secagem por calor, interferindo na consolidação desta no “nip”. O “nip” é a denominação dada à área de contato entre o cilindro e a prensa. Esta área pode variar em função da dureza do material do revestimento da prensa, força aplicada pela prensa, espessura do feltro, diâmetro da prensa, etc. O incremento de 1 % no teor seco final da folha nas prensas resulta na economia de vapor de, aproximadamente, 4 a 5 % ou o equivalente em aumento de velocidade. A função secundária é aumentar a resistência úmida da folha e influir nas propriedades físicas e superficiais da mesma: a redução do volume específico e a melhoria da lisura da folha. Na seção de prensagem a proporção de desaguamento é de 2,0 a 4,0 % e o custo na fabricação da celulose, cerca de 12%.

Figura 16 – Setor de prensagem da folha.



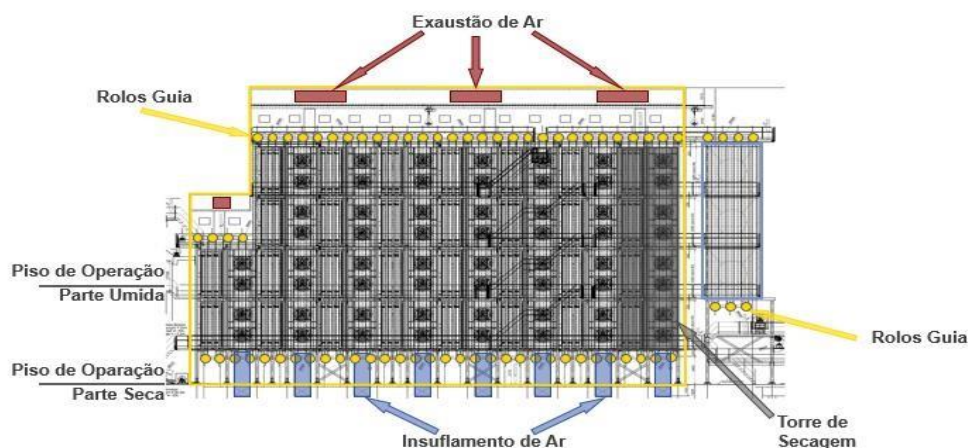
Fonte: Arquivo Bracell.

Figura 17 - Secador horizontal.



Fonte: Arquivo Bracell.

Figura 18 - Layout secador horizontal Voith



Fonte - Arquivo interno da empresa

#### Vantagens:

- Mais robusto, dificilmente quebra a folha quando está em operação sem o vertical;
- passagem de ponta mais facilmente;
- requer pouca manutenção preventiva e quando necessário pode ser feito em operação, devido a quantidade de ventiladores no secador.

#### Desvantagens:

- A geometria horizontal convencional do secador de polpa tem mais de 100 anos de idade. Esta geometria esconde muitas desvantagens.
- Maior consumo de vapor;
- maior consumo de energia elétrica, devido a quantidade de ventiladores para insuflar ar na folha;
- Maior tempo para realizar inspeção e limpeza interna em caso de quebra da folha;
- Maior consumo de vapor;
- Maior formação de charutos e pó;
- Manutenção mais complexa, quando necessário, exigindo às vezes montagem de andaimes e uso de talhas para troca dos motores dos ventiladores;

- O processo de secagem só pode ser controlado com um controlador de vapor, considerando 10 minutos de tempo de permanência da polpa, a alteração de velocidade é um problema considerável;
- É difícil estabilizar a chapa na posição horizontal sem contato da folha com a superfície da caixa de sopro, isso faz com que a poeira de polpa traga formação de charutos e conseqüentemente quebra de folha e maior risco de incêndio;
- A função de estabilização de chapas de sopro (certa quantidade de ar é usada para suportar a distância da folha acima das caixas de sopro de fundo), reduz a transferência de calor e conseqüentemente a eficiência de secagem;

#### **4.2.9 Secador Vertical**

A folha segue o seu fluxo, e o próximo equipamento em seu caminho é o secador horizontal, onde o processo de secagem nesse caso é com vapor indireto. O vapor utilizado é de 4,5 kgf/cm<sup>2</sup> com temperatura controlada em torno de 160° C, e serve para aquecer o ar que vai ser distribuído nas caixas do secador, esse ar é introduzido no interior do secador, quase completando o ciclo de secagem, faltando apenas o secador vertical, aumentando o teor de umidade da folha, que chega perto de 12% de umidade, na parte externa do secador há vários ventiladores , que tem a função de insuflar ar para dentro do secador, fazendo com que a folha flutue nas caixas, evitando assim atrito da folha com as caixas de ar do secador. Saindo do secador horizontal, segue para o secador vertical.

O secador vertical foi um equipamento adquirido posteriormente em parceria com a multinacional VOITH, um projeto inovador e pioneiro, criado exclusivamente para atender à necessidade da empresa na época, que tinha o projeto de aumentar a produção, porém não tinha espaço físico para aumentar o secador horizontal, assim sendo, foi desenvolvido esse projeto para a empresa na época, que trouxe um ganho de produção de cerca de 15%. O princípio de funcionamento é parecido com o secador horizontal. No secador vertical, a gravidade trabalha a favor da produtividade.

“Quando há uma quebra, por exemplo, a celulose simplesmente cai no pulper que é diluído e retorna para a torre de quebra para ser reprocessado. Além disso, a questão energética também foi favorecida, uma vez que no secador vertical todo o ar soprado contra a folha é usado apenas para secar, enquanto na versão horizontal parte da energia de sopro é usada para sustentar a celulose.

A pioneira na aquisição da novidade tecnológica da Voith foi a empresa localizada em Lençóis Paulista, no interior do Estado de São Paulo, que foi comprada a 2 anos pelo grupo RGE.

Essa solução “caiu como uma luva” para o atendimento às necessidades da empresa na época, que precisava elevar sua capacidade de secagem, mas não dispunha de tanto espaço físico para a instalação de um novo secador horizontal nem poderia realizar paradas de fábrica.

O novo secador vertical foi instalado à frente do horizontal já existente. Pelo novo processo, a folha de celulose segue do secador horizontal para o vertical, retorna ao horizontal e depois segue para a cortadeira, para a formação dos fardos de celulose. O novo secador confere ao processo mais produção com qualidade garantida, pois a umidade da celulose não sofre qualquer alteração. “Como vantagens, ainda se destaca, a redução no consumo de vapor e melhoria no sistema de limpeza”,

Principais parâmetros:

- Velocidade do ar;
- Temperatura do ar;
- Distância entre a caixa e a folha;
- Forma do furo de serragem;
- ângulo do sopro do ar em relação a folha;

O secador vertical traz algumas vantagens e desvantagens em relação a outros secadores.

Vantagens:

- Economia no consumo de energia elétrica
- Menor consumo de vapor;
- A geometria vertical favorece a condição de escoamento do ar;
- Caixas sopradoras com furos em formato circular;
- Fluxo de ar apenas para secagem e não para suportar a folha;
- Alta velocidade de sopro;

- Mesma distância de sopro em ambos os lados, o que permite perfis de evaporação equivalentes nas duas faces da folha;
- Distância reduzida entre caixas sopradoras e folha.
- Após entrar em operação pode operar desacionado, somente com a inércia;
- Manutenção simples;
- Menor tempo de limpeza do secador no caso de quebra, devido sua disposição, perda de tempo, quase nula;
- O arranjo de folha vertical é absolutamente imbatível em lidar com quebras, a folha quebrada não se acumula em decks entre os rolos, mas simplesmente cai através da disposição vertical no pulper seco em seguida, vai para a torre de quebra, a limpeza leva apenas minutos em vez de horas em comparação com o secador horizontal

#### Desvantagens:

- Mais sensível em relação a outros secadores;
- Os rolos de acionamento devem sofrer manutenção preventiva pelo menos uma vez ao mês, o que acarreta em by pass do secador e redução de produção da máquina;
- Com o secador vertical em operação, no caso de quebra da folha e passagem de ponta, as quebras são mais frequentes;
- Caso ocorra várias quebras de folha seguidas e essas quebras sejam no secador vertical, o mesmo deve ser by passado, a fim de não parar a produção, sofrer somente redução;



Imagem 19 – Secador vertical



Fonte – Revista o Papel

Após completar o processo de secagem, a folha segue para a cortadeira, aqui se inicia o processo de corte e acabamento. O processo de corte e acabamento, começa com o corte da folha, onde faquinhas que ficam no caminho da folha, cortam em tamanho padrão, formando 5 folhas, e um rolo com uma faca maior, chamado de facão, destaca as folhas, que vão sendo empilhadas até completar o peso de 250 kg cada, quando atinge esse total um garfo avança, os fardos descem até uma esteira, que transporta para outra esteira giratória, que coleta esses fardos e envia para a próxima esteira, que tem uma balança onde os mesmos são pesados, em seguida, uma prensa se encarrega de compactar os fardos para serem embalados com uma capa da própria celulose, recebe um arame para amarrar o fardo, na amarradeira, recebe uma impressão com o logo, número de lote e data de produção, o fardo sofre um giro e recebe outro arame, em seguida são empilhados no elevador de fardos em 4 unidades, totalizando 2 toneladas, são otimizados, ou seja recebe nova amarração com arame, posteriormente é retirado por uma empilhadeira e levado para a área de armazenagem, onde aguarda ser carregado e despachado para o terminal ferroviário de Pederneiras, onde há outro depósito da empresa, depois segue em vagões para o porto de Santos, daí para o cliente final, sendo interno e externo.

O processo é todo automatizado e contínuo, o operador só acompanha, caso ocorra algum problema, ele intervém ou aciona a manutenção.

Imagem 20 – Setor de embalagem e acabamento (Balança, prensa e amarradeira)



Fonte – Arquivo interno da empresa

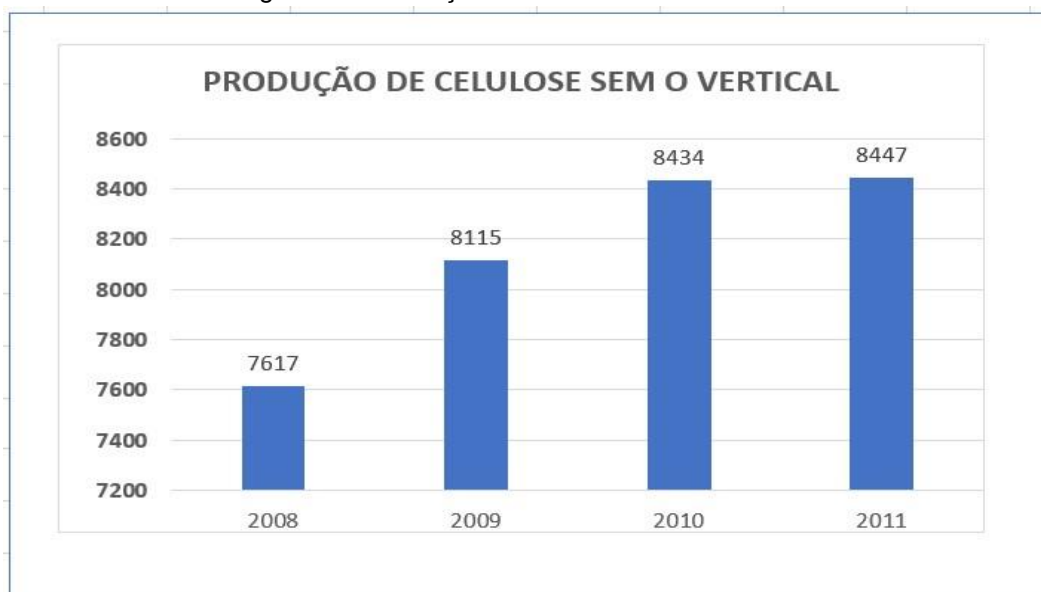
Após instalação do secador vertical, mostrou-se um ganho de cerca de 15 a 20% na produção final de celulose, a máquina de secagem deixou de ser gargalo da fábrica, passando a operar com a produção reduzida em alguns momentos por falta de polpa, tendo inclusive que recircular massa em alguns momentos para manter produção mais estável, sem ficar alterando velocidade. A produção da máquina é medida através de sua velocidade, ou seja, quantos metros o rolo acionador da máquina roda em um minuto. Com o secador horizontal, a produção da máquina podia chegar a 140 MPM (metros por minuto), já com a instalação do secador vertical, a máquina pode chegar a 160 MPM, se tiver disponibilidade de polpa. Abaixo um comparativo de produção de celulose operando somente com o secador horizontal, sem o vertical e em seguida com o secador vertical em operação.

Figura 21- Produção mensal de celulose sem o secador vertical

PRODUÇÃO DE CELULOSE SEM O SECADOR VERTICAL			
2008	2009	2010	2011
624	655	683	693
635	685	693	705
602	665	669	719
617	678	696	708
588	642	701	732
665	668	687	703
519	664	694	702
660	701	722	625
656	722	716	687
688	677	735	730
686	670	732	735
677	688	706	708
7617	8115	8434	8447

Fonte: Arquivo Bracell

Figura 22 - Produção anual de celulose sem o secador vertical.



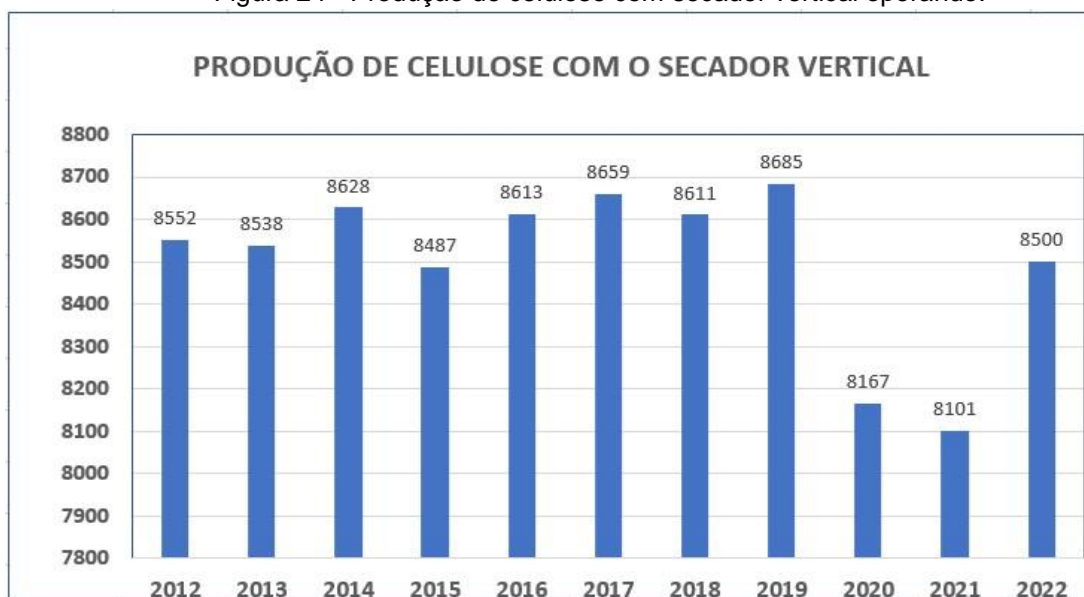
Fonte: Arquivo Bracell

Figura 23 - Produção anual de celulose com secador vertical operando.

PRODUÇÃO DE CELULOSE COM O SECADOR VERTICAL										
2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
716	690	695	705	694	733	714	747	706	501	733
695	722	696	738	720	712	630	759	733	670	745
701	670	741	690	777	734	743	739	720	706	695
726	694	747	668	696	744	750	597	680	709	779
738	673	717	703	721	740	696	733	675	750	467
722	712	720	729	708	626	717	743	610	726	747
723	745	707	708	720	740	722	725	711	720	713
674	713	729	728	713	728	699	731	640	725	708
661	745	693	703	738	727	761	713	715	704	760
722	725	737	700	659	725	752	733	677	741	721
756	720	756	711	731	720	730	708	650	429	709
718	729	690	704	736	730	697	757	650	720	723
<b>8552</b>	<b>8538</b>	<b>8628</b>	<b>8487</b>	<b>8613</b>	<b>8659</b>	<b>8611</b>	<b>8685</b>	<b>8167</b>	<b>8101</b>	<b>8500</b>

Fonte: Arquivo Bracell

Figura 24 - Produção de celulose com secador vertical operando.

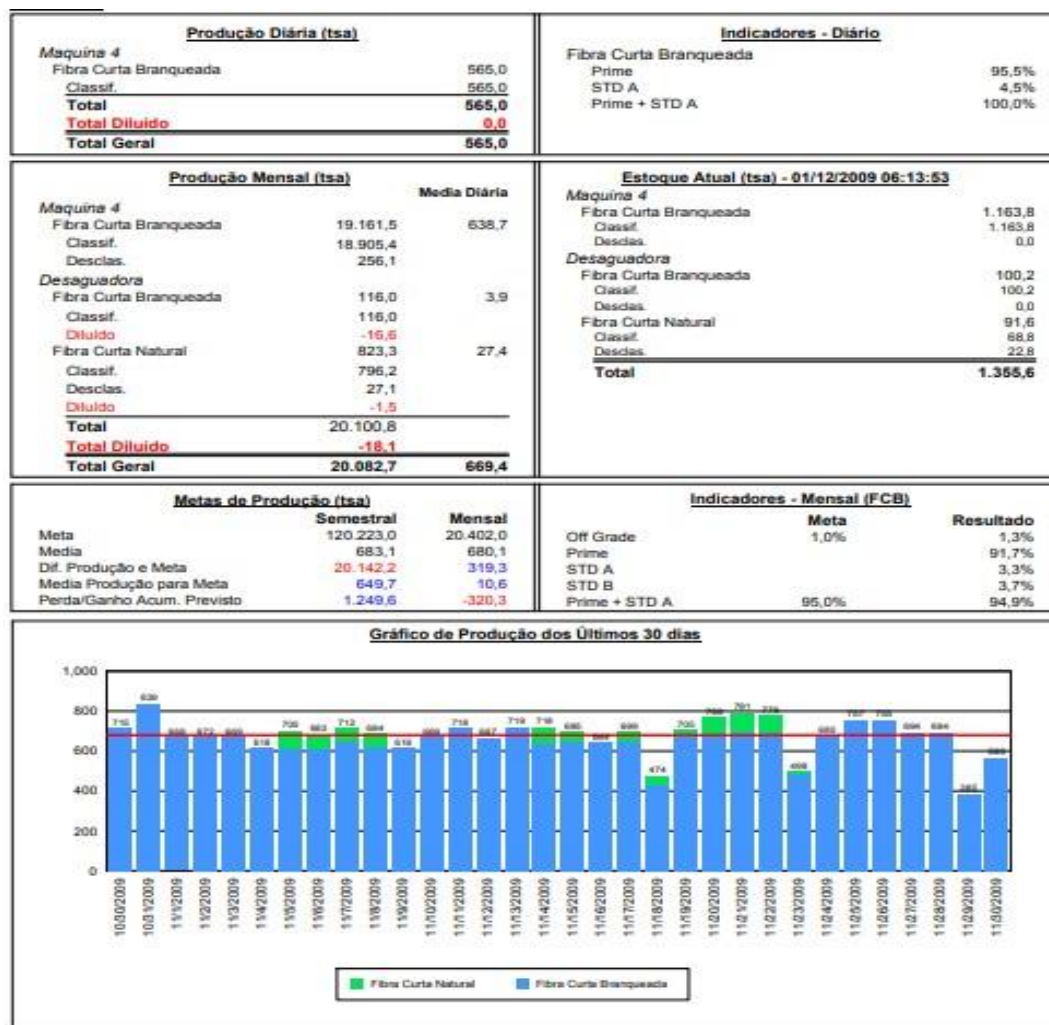


Fonte: Arquivo Bracell

Analisando e comparando os dados contidos nas tabelas e nos gráficos, observa-se a diferença de produção nos anos em que a empresa operou sem e com o secador vertical, após sua instalação. Nos anos de 2020 e 2021, uma produção menor do que o normal, conforme mostra a figura 24, que foi relativo a um teste que a empresa fez com fibra longa de pinus, fibra essa que gera uma menor produção de celulose em virtude do rendimento da madeira, o teste foi realizado durante o período de um mês, para ver a viabilidade de produzir esse tipo de fibra, normalmente a produção é feita com madeira de eucalipto, que apresenta um maior rendimento de polpa para fabricação da celulose.

Abaixo um relatório diário de produção de celulose, que é fechado ao final do dia, as 00:00 h, contendo a produção diária, produção mensal, produção anual, qualidade da celulose, Extra Prime, Prime ou Off Grade, sendo essa última uma qualidade insatisfatória que é usada para embalar os fardos que serão armazenados e vendidos posteriormente ou essa celulose de qualidade inferior é reprocessada para buscar a qualidade final que é Extra Prime.

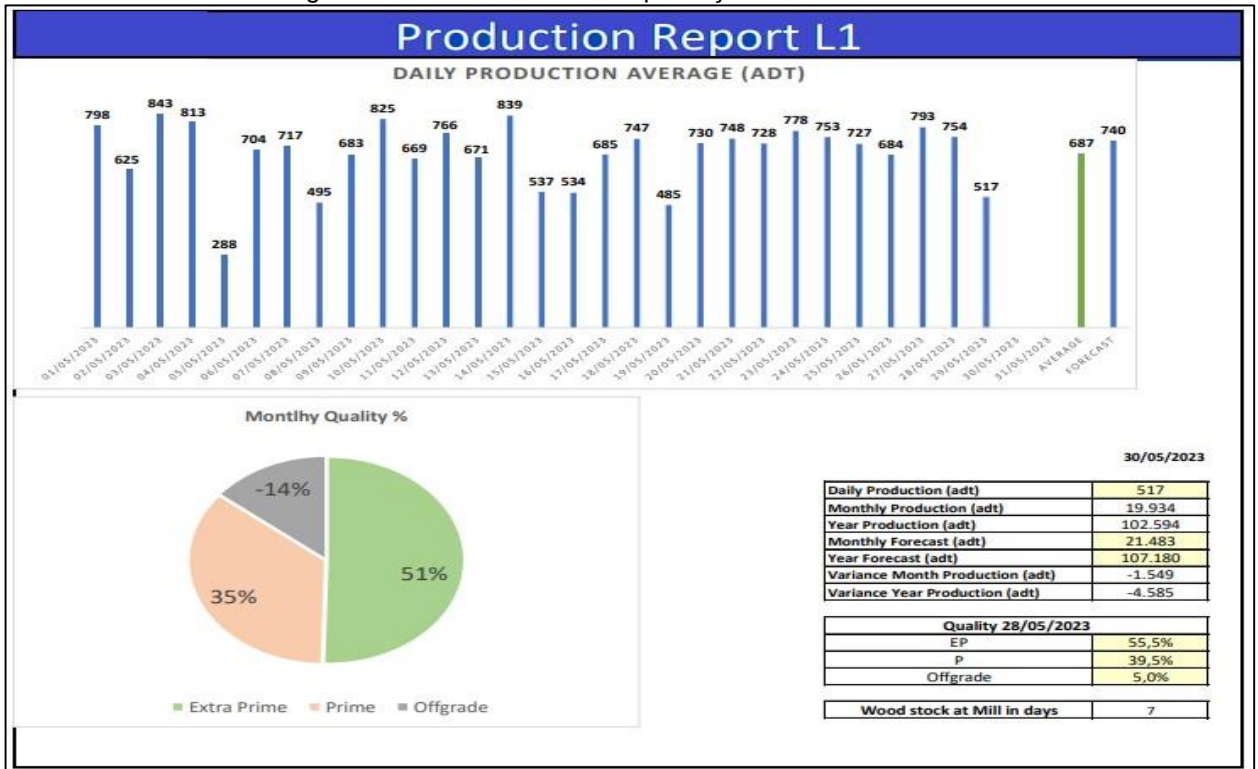
Figura 25 - Relatório diário ano 2009



Fonte - Arquivo interno da empresa

Nesse caso temos o mesmo gráfico representando a produção e qualidade, médias mensais e anuais, porém em uma versão mais atualizada e moderna.

Figura 26 - Relatório diário de produção maio de 2023.



Fonte: Arquivo Bracell

Na figura 26 mostrará uma comparação entre o secador horizontal e secador vertical, dados de projeto que foram apresentados à empresa.

Figura 27 - Produção diária do secador horizontal x secador vertical.

	Unidade	Operação sem Secador Vertical	Operação com Secador Vertical
Capacidade de produção de celulose de fibra curta (eucalipto) - com 100% de eficiência	ADMTD	720	868
Consistência da celulose na saída das prensas	%	55,0	55,0
Consistência da celulose na cortadeira	%	89,0	90,0
Gramatura	AD gr/m <sup>2</sup>	1100 - 1200	1200
Largura da folha na cortadeira	mm	3350	3350
Velocidade	MPM	140	160

Fonte - Voith - Secador vertical

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho, mostrou que a tecnologia e geometria de secagem da folha através do secador vertical trouxe grandes benefícios para a empresa, como o aumento da produção, confiabilidade e estabilidade no processo de secagem, melhor qualidade final, menor perda de produção por paradas não programadas, melhoria no específico do consumo de vapor, devido à menor temperatura de secagem e à redução de perdas de calor pelo ar de exaustão, economia no consumo de energia elétrica, pela parada do grupo secador e otimização do sistema de recirculação de ar, que é projetado apenas para secagem (não há necessidade de colchão de ar para transporte da folha), adicionalmente, é minimizada a formação de charutos e pó, melhor aproveitamento do efeito “impingement” e da evaporação de água em relação à passagem horizontal da folha.

O histórico de produção com a instalação do secador vertical também mostrou a eficácia do equipamento, onde o setor de secagem e acabamento, deixou de ser gargalo da fábrica, passando a operar com mais estabilidade, podendo assim efetuar as manutenções preventivas e preditivas, diminuindo assim as manutenções corretivas, evitando quebras de equipamentos e perdas de produção, diminuindo as paradas não programadas de máquina. Apesar das desvantagens citadas neste trabalho, as vantagens se destacam, mostrando que a empresa se elevou a um patamar de grande produtora de celulose, principalmente no que diz respeito à qualidade e confiabilidade de seu produto. Com esse projeto abriu-se novas possibilidades e estudos para melhoria nos processos anteriores, uma vez que a máquina de secagem passou a trabalhar mais aliviada, podendo processar mais polpa, transferindo a posição de gargalo da fábrica para os setores anteriores, que no caso seria o digestor, a lavagem e branqueamento.

Além da empresa, que investiu forte no projeto, o cliente final também foi beneficiado, com celulose de alto padrão de qualidade, sem custo a mais para esse cliente. A empresa também conseguiu angariar novos clientes e até mesmo exportar a maior parte de sua produção para fora do país, o que gerou ainda um maior lucro e relações duradouras com os clientes, principalmente externos, que se tornaram grandes parceiros da empresa, proporcionando essa possibilidade de aumento da produção, uma vez que a demanda pelo produto vem aumentando ano a ano.



## REFERÊNCIAS

BATISTA, Gleifton Elias. Silva, Daniel Fernando. univr. **A necessidade e atuação do profissional da engenharia de produção nas indústrias locais**. Disponível em: <<https://www.univr.edu.br/conteudos/fckfiles/files/A%20NECESSIDADE%20E%20ATUA%20DO%20PROFISSIONAL%20DA%20ENGENHARIA%20DE%20PRODU%20NAS%20IND%20ASTRIAS%20LOCAL.pdf>>. Acesso em: 12/05/2023

BASSO, Igor Francisco. Google Acadêmico. **Gargalos na produção: estudo de caso no núcleo gráfico Editora Unijuí**. Disponível em: <<https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/1162>>. Acesso em: 12/05/2023.

COELHO, Beatriz. Mettzer. **Metodologia científica: aprenda como delimitar na sua pesquisa**. Disponível em: <<https://blog.mettzer.com/metodologia-cientifica>>. Acesso em: 29/10/2022.

FLEURY, Afonso. edisciplinas. **O que é Engenharia de Produção?** Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5527227/mod\\_resource/content/0/O\\_que\\_e\\_Engenharia\\_de\\_Producao.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5527227/mod_resource/content/0/O_que_e_Engenharia_de_Producao.pdf)>. Acesso em: 12/05/2023.

FROSSARD, Fábio. Aluno Expert. **Procedimentos Metodológicos, Método e Metodologia de Pesquisa**. Disponível em: <<https://alunoexpert.com.br/procedimentos-metodologicos/>>. Acesso em: 29/10/2022.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MORAES, Luiz Henrique. SANTORO, Miguel Cezar. Abepro. **Medida de Eficiência em Linhas de produção**. Disponível em: <[https://abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006\\_TR450311\\_7371.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR450311_7371.pdf)>. Acesso em: 03/09/2022.

PIRATELLI, Claudio Luis. Abenge. **A Engenharia de Produção no Brasil**. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/14/artigos/SP15-25046352818-1117717074687.pdf>>. Acesso em: 12/05/2023.

SENAI, Editora. **Celulose**. Área Celulose e Papel. 01. ed. São Paulo. SENAI SP. 2013.

SOUZA, Rafaela. **Taylorismo**. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/geografia/taylorismo-fordismo.htm>>. Acesso em: 02/09/2022.

VERGARA, Sylvia Constant. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.