

FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**CÁSSIO GIACOMIN CARLESSO
IGOR KOCH
TIAGO DOS SANTOS VESCOVI
VICTOR NASCIMENTO CONRADO**

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA ENTRE PLANTAS PRODUTORAS DE
CELULOSE FIBRA CURTA EM UM MESMO *SITE*: ESTUDO DE CASO**

ARACRUZ
2018

**CÁSSIO GIACOMIN CARLESSO
IGOR KOCH
TIAGO DOS SANTOS VESCOVI
VICTOR NASCIMENTO CONRADO**

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA ENTRE PLANTAS PRODUTORAS DE
CELULOSE FIBRA CURTA EM UM MESMO *SITE*: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Graduação em Engenharia de Produção das Faculdades Integradas de Aracruz – FAACZ, como requisito de avaliação oficial.

Orientador: Professor: George Scarpato Giacomini Me.

ARACRUZ
2018

FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ – FAACZ
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Autorização: Portaria MEC nº 820 de 01/07/2010
Reconhecimento: Portaria MEC nº 412 de 26/08/2016

CÁSSIO GIACOMIN CARLESSO
IGOR KOCH
TIAGO DOS SANTOS VESCOVI
VICTOR NASCIMENTO CONRADO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA ENTRE PLANTAS PRODUTORAS DE
CELULOSE FIBRA CURTA EM UM MESMO *SITE*: ESTUDO DE CASO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO APRESENTADO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA CONCLUSÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

COMISSÃO EXAMINADORA

Professor George Scarpato Giacomin (Orientador)

Professor Hermes Renato Pessotti (Examinador Interno)

Professor Wellington Giacomin (Convidado Externo)

Aracruz
2018

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho a nós alunos e autores deste estudo, pelos momentos que passamos juntos realizando pesquisas, debates e discussões sobre o mesmo. Pelos momentos que cada um dedicou a este trabalho em suas horas de folga, finais de semana e principalmente nas noites de sono perdidas.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho não seria possível sem a colaboração de pessoas especiais, as quais gostaríamos de expressar nossos agradecimentos:

A Deus, que nos deu o Dom da vida e que nos proporcionou coragem e determinação para enfrentar mais este desafio;

Aos nossos familiares, pais, irmãos, esposas e filhos, pela compreensão e apoio nos momentos de dificuldade e total entrega à realização deste trabalho, eles que muitas vezes ficaram de segundo plano, mas sabendo os reais motivos e objetivos desta ausência.

Aos nossos professores e ao nosso orientador, pelo apoio nos momentos de dúvidas, e que não mediram esforços para nos ajudar em nosso objetivo.

A todos que de uma maneira direta e indireta contribuíram para o desenvolvimento deste estudo.

EPÍGRAFE

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”.

José de Alencar

RESUMO

A indústria de celulose está entre os maiores setores industriais do mundo e o setor brasileiro de celulose, destaca-se por estar entre os primeiros em volume produzido e exportado, especialmente nas últimas décadas, onde a produção passou de 50 milhões de toneladas para 398 milhões. Como o processo produtivo de celulose é contínuo e possui alto volume de produção, qualquer intervenção no processo afeta não só o custo, mas também a competitividade de mercado. Então, fez-se necessário analisar a eficiência produtiva no sistema de transferência de pasta marrom de celulose fibra curta, entre duas plantas de produção em um mesmo *site*, avaliando a redução da perda de produção destas. Para obtenção dos dados foram observadas as ocorrências nos descritivos das ACD (análises críticas diárias), no período de maio de 2017 a agosto de 2018. O resultado obtido foi a associação das transferências de pasta entre as plantas, como um indicador dos motivos pelos quais levaram a realizar as transferências de pasta marrom entre as duas plantas produtoras de celulose, motivos esses: falhas operacionais, falhas de equipamentos, manutenções programadas e balanços de fluxo de processo. Analisados os dados, confirmou-se os ganhos gerados pelo projeto ao processo de produção de celulose, tendo um ganho na produtividade da fábrica “A” de 15.148,54 Tsa (toneladas secas ao ar) correspondente a 2,39% da eficiência produtiva para o período de avaliação (maio de 2017 a agosto de 2018) e para fábrica “B” de 2.831,62 Tsa, que equivalem a 0,26% de eficiência para o mesmo período. Com isto, foi possível manter a estabilidade do processo produtivo através do balanço de massa, avaliando que houve a redução na perda de produção ocasionada por paradas indesejadas (falhas de equipamentos e operacionais) e contando com maior flexibilidade nas manutenções programadas e gerando menor perda de produção.

Palavras-chave: Eficiência produtiva. Indústria de celulose. Perda de produção.

ABSTRACT

The pulp industry is among the largest industrial sectors in the world and the Brazilian pulp sector stands out among the first in volume produced and exported, especially in the last decades, where production increased from 50 million tons to 398 million tons. As the pulp production process is continuous and has a high volume of production, any intervention in the process affects not only the cost, but also the market competitiveness. Therefore, it was necessary to analyze the productive efficiency in the system of transfer of brown pulp of short fiber pulp, between two plants of production in the same site, evaluating the reduction of the loss of production of these. In order to obtain the data, the occurrences in the descriptive of the ACD (daily critical analyzes) were observed, from May 2017 to August 2018. The result obtained was the association of pulp transfers between the plants, as an indicator of the reasons why led to the transfer of brown pulp between the two pulp mills, for these reasons: operational failures, equipment failures, scheduled maintenance and process flow balances. Analyzing the data, the gains generated by the project to the pulp production process were confirmed, with a productivity gain of "A" plant of 15,148.54 Tsa (dry tons in the air) corresponding to 2.39% of the productive efficiency for the evaluation period (May 2017 to August 2018) and for plant "B" of 2,831.62 Tsa, which are equivalent to 0.26% efficiency for the same period. With this, it was possible to maintain the stability of the production process through the mass balance, evaluating that there was a reduction in the loss of production caused by undesired outages (equipment and operational failures) and having more flexibility in scheduled maintenance and generating less loss of production.

Key words: Productive efficiency. Pulp industry. Loss of production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama da produção de celulose.....	27
Figura 2 – Diagrama do processo de produção da fábrica A antes do projeto.....	36
Figura 3 – Diagrama do processo de produção da fábrica B antes do projeto.....	37
Figura 4 – Diagrama do processo de produção das fábricas “A” e “B” após instalação do projeto.	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Perturbações do processo produtivo.	42
Gráfico 2 – Produção mensal de pasta marrom de celulose por fábrica.	44
Gráfico 3 – Transferência de pasta marrom de celulose por fábrica.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Transferências por balanço de massa.....	40
Tabela 2 – Transferências por falhas operacionais.....	40
Tabela 3 – Transferências por parada programada.	41
Tabela 4 – Transferências por falhas de equipamentos.....	41
Tabela 6 – Transferência de pasta marrom de celulose por fábrica.....	45

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ACD – Análise Crítica Diária.

CAGR – *Compound Annual Growth Rate* – (Taxa De Crescimento Anual Composta).

ECF – *Free Of Elemental Chlorine* – (Livre De Cloro Elementar).

FISs – Sistemas de Informação de Fábrica.

PSM – Transporte e Movimentação de Madeira.

PI – *Process Information* – (Processo de Informação).

PLC – Programador Lógico Controlado.

PM – Manutenção Preventiva.

P & D – Pesquisa e Desenvolvimento.

SDCD – Sistema Digital de Controle Distribuído.

TCF – *Free Of Total Chlorine* – (Livre De Cloro Total).

TSA – Tonelada seca ao ar.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 ESPECÍFICOS	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO	17
3.1.1 Sistemas de produção contínua ou de fluxo em linha	18
3.1.2 Sistemas de produção por lotes ou por encomenda (fluxo intermitente)	18
3.1.3 Sistemas de produção para grandes projetos sem repetição.....	19
3.2 COMPORTAMENTO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO	19
3.2.1 Produtividade.....	20
3.2.2 Flexibilidade Produtiva.....	20
3.2.3 Eficiência Produtiva	21
3.3 PERTURBAÇÃO NO PROCESSO PRODUTIVO	22
3.3.1 Perda de Produção na área de Celulose	23
3.3.2 Manutenção.....	24
3.4 INDICADORES DE DESEMPENHO.....	25
3.4.1 Diagrama de Pareto.....	26
3.5 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CELULOSE.....	26
3.5.1 Produção de Cavacos	28
3.5.2 Linha de Pasta.....	28
3.5.3 Secagem e Enfardamento	29
4. METODOLOGIA	30
4.1 CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA	30
4.2 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5.1 ESTUDO DE CASO	34
5.2 DESCRIÇÃO DO PROJETO DE TRANSFERÊNCIA DE PASTA.....	35
5.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	39
6. CONCLUSÃO	48
6.1 LIMITAÇÕES	49
6.2 SUGESTÃO PARA ESTUDOS FUTUROS	49
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

1. INTRODUÇÃO

A indústria de celulose se destaca entre os maiores setores industriais do mundo, exigindo um investimento de capital muito elevado, o que implica em restrição a novos entrantes. Dado que o valor do investimento é alto (existência de escala mínima de eficiência produtiva), seu investimento tem retorno em longo prazo, à concorrência florestal e o acesso a terras são irregulares (BIAZUS, HORA e LEITE, 2010). A necessidade de investir grandes recursos financeiros para competir e criar uma barreira de entrada (PORTER, 2004).

Diferente do contexto mundial, nas últimas três décadas o setor de celulose brasileira vem ganhando destaque no cenário mundial. Em 2012, o Brasil se posicionou entre os primeiros em volume produzido e exportado. A experiência adquirida na produção de celulose de fibra curta, utilizando o eucalipto como matéria-prima, um clima favorável e a abundância de terras para formação dessa monocultura florestal, determinam o acelerado crescimento e alta produtividade das florestas, e um custo reduzido de mão de obra são encarados como fatores importantes para essa expansão (SPEROTTO, 2014).

Vale destacar que a produção de celulose no Brasil passou de 50 milhões de toneladas em 1950 para 398 milhões em 2013, e é previsto que o mercado mundial continue crescendo. A previsão é que no ano de 2030, a produção alcance próximo a 482 milhões de toneladas, isso seria um crescimento de 1,1% ao ano. Um dos fatores que influenciam nessa taxa é um acréscimo de consumo nos países desenvolvidos como Japão, Europa Ocidental, América do Norte e Oceania, onde os mesmos apresentam um valor de 0,7% a 1,0% ao ano de CAGR (Compound Annual Growth Rate / Taxa Composta Anual de Crescimento – índice que representa a taxa anual de retorno de algum investimento em um determinado tempo). O mundo em desenvolvimento apresenta taxas de crescimento positivo, em particular na Ásia, onde possivelmente o consumo crescerá de 189 milhões de toneladas em 2013, para próximo de 286 milhões no ano de 2030 (BUENO, NEVES e SILVA, 2014).

Segundo Dos Reis (2017), está cada vez mais difícil competir na área industrial, as empresas investem em pesquisas variadas na busca de melhorias, tendo como objetivo ganho de produtividade em menor custo, com mais eficiência nas linhas de produção, mão de obra e maior aproveitamento da matéria-prima, assim, evitando o desperdício, entre outros elementos comuns utilizados na indústria.

Com a alta demanda no mercado de papel e celulose, qualquer intervenção ou parada de produção que gere perda na linha de produção de celulose, afeta não só os custos como também, sua competitividade de mercado, sua eficiência produtiva e conseqüentemente o lucro da empresa. Com isto, melhorias na eficiência produtiva das linhas de produção de celulose são de suma importância nos quesitos de produtividade, eficiência e lucratividade.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é analisar a eficiência produtiva, na transferência de pasta marrom de celulose fibra curta, entre duas plantas de produção de celulose em um mesmo *site* (local).

2.1 ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos, tem-se:

- a) Analisar os principais agentes causadores de perturbação no sistema produtivo de celulose, que levaram a transferência de pasta marrom entre as duas plantas de produção.
- b) Comparar parâmetros do processo de transferência de pasta marrom de celulose fibra curta entre as duas plantas de produção.
- c) Analisar a eficiência do processo de transferência de pasta marrom de celulose fibra curta entre as duas plantas de fabricação, baseados no histórico de alterações no processo produtivo.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Atualmente, muitas empresas de manufatura estão se confrontando com altas turbulências do mercado. Normalmente, estas turbulências são causadas pelo desenvolvimento econômico atual, como globalização, regionalização, individualização, urbanização e a demanda de investimentos em alta tecnologia. Novos produtos com tempo de entrega curto, alta variedade e perfeita qualidade a preços razoáveis devem ser oferecidos (HOLTEWERT e BAUERNHANSL, 2016).

Com demanda cada vez maior e em curto prazo, as empresas devem desenvolver sistemas de produção mais flexíveis, constituídos de alta tecnologia. Assim, surge a indústria 4.0 com o desenvolvimento, aprimoramento e aplicação de inovações tecnológicas focada na utilização de sistemas de produção flexíveis, automatizados e sistemas de rede integrados em todas as etapas das cadeias de valores e assim, melhorando e facilitando todo o processo (SALTIÉL, 2017).

3.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Um Sistema de produção é definido como o conjunto de atividades e operações envolvidas na produção, transformando matéria-prima em produto acabado. Conjunto de atividades que visam assegurar que programações sejam cumpridas, padrões sejam obedecidos, que os recursos estejam sendo usados de forma eficaz e que a qualidade desejada seja obtida (MOREIRA, 1998).

Segundo Lustosa (2008), o sistema de produção é classificado em diversas maneiras com o intuito de facilitar a compreensão de suas características e a relação entre as atividades produtivas. A classificação tradicional dos sistemas de produção é agrupada em três grandes categorias:

3.1.1 Sistemas de produção contínua ou de fluxo em linha

No conceito de Moellmann (2006), a linha de produção foi e continua sendo, um dos pilares essenciais para o desenvolvimento de toda a indústria. Permitindo uma evolução constante em todas as áreas da engenharia.

Segundo Lima (2017) no sistema contínuo a disposição das estações de trabalho ou dos maquinários segue a sequência necessária à fabricação do produto, proporcionando pouca ou nenhuma alternativa de rota produtiva. Sua baixa opção para sequenciar a produção permite grande velocidade e quantidade de fabricação.

Moreira (1993), diz que o sistema de produção contínua apresenta uma sequência linear para se fazer o produto ou serviço. O processo contínuo tende a ser altamente automatizado e a elaborar produtos com elevado grau de padronização.

Posteriormente, Moreira (1998), ainda cita que o sistema de processo contínuo é também caracterizado por uma alta eficiência e acentuada inflexibilidade. Essa eficiência vem da substituição do trabalho humano por máquinas, bem como a padronização do trabalho. Grandes volumes de produção devem ser mantidos para se recuperar o custo de equipamentos especializados. Dessa forma, é problemático modificar tanto a linha de produtos, como o volume de produção, o que leva à inflexibilidade. Se as condições favoráveis ao alto volume e produção padronizada estiverem presentes, a competição forçará o uso da produção contínua por causa da eficiência.

3.1.2 Sistemas de produção por lotes ou por encomenda (fluxo intermitente)

Como o nome já diz, a produção é feita em lotes. Ao término da fabricação do lote de um determinado produto, outros tomam o seu lugar nas máquinas. O produto original só voltará a ser feito depois de algum tempo, caracterizando-se assim, uma produção

intermitente. Outro caso é quando os clientes apresentam seus próprios projetos de produto, solicitando a empresa fabricá-lo segundo essas especificações, com isto, temos a chamada produção intermitente por encomenda (MOREIRA, 1993).

3.1.3 Sistemas de produção para grandes projetos sem repetição

O sistema de produção para grandes projetos sem repetição, diferencia-se bastante dos tipos anteriores. Nesse caso, tem-se uma sequência de tarefas ao longo do tempo, geralmente de longa duração, com pouca ou nenhuma repetitividade (MOREIRA, 2000).

3.2 COMPORTAMENTO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

O investimento é um fator importante que afeta o desempenho de crescimento do setor de celulose. Investimentos efetivos podem melhorar a eficiência dos recursos de produção usando e fazendo um crescimento econômico intensivo do setor, bem como aumentar a capacidade de produção das empresas (SUJOVA, HLAVACKOVA, SAFARIK, 2015). Segundo Holtewert e Bauernhansl (2016), além disso, a disponibilidade de material é determinada principalmente pelos fornecedores de empresas e intra-logística da produção.

De modo geral, as empresas tendem a buscar melhorias operacionais, oferecendo serviços ou fabricando produtos com menores custos, assim, obtendo o lucro desejado. Para saber se as operações estão obtendo os objetivos, existem os indicadores que são uma forma de medir o desempenho em todas as etapas, e assim, facilitando as tomadas de decisão na organização (REIS DA ROCHA, 2008).

3.2.1 Produtividade

Segundo Lourenço (2016), nas últimas décadas, avanços notáveis foram alcançados em termos de ganhos de produtividade, seja com a introdução de tecnologia avançada de produção e sistemas de gerenciamento, ou devido à gestão otimizada do trabalho e eficiente consumo de matérias-primas ou produtos semiacabados.

Diversos estudos demonstraram a existência de um relacionamento positivo entre inovação e produtividade. Internacionalmente, muitos países estão se movendo para incorporar medidas de P & D (Pesquisa e Desenvolvimento) em seus sistemas produtivos e, portanto, atribuem diretamente impacto no crescimento, bem como a importância do conhecimento para o desenvolvimento econômico. Assim, demonstra que o crescimento da produtividade permeia pela atividade inovadora das empresas (CARVALHO, AVELAR, 2017).

Um dos fatores que influenciam diretamente no grau de competitividade, é a evolução da produtividade industrial que está associada a padrões de especialização da indústria. No seguimento de celulose e papel, mudanças na estrutura produtiva e na sua localização se mostram importantes na determinação da competitividade do setor. Com a maior abertura comercial, que o Brasil passou a ter a partir da década de noventa, os processos de modernização produtiva e ganhos tecnológicos necessários à maior integração comercial aos mercados mundiais, motivaram uma realocação das atividades industriais entre as regiões brasileiras (GALEANO, WANDERLEY, 2013).

3.2.2 Flexibilidade Produtiva

Um fator de sucesso das empresas do setor produtivo é ter capacidade e flexibilidade em resposta às turbulências, especialmente para alta variação na demanda. As abordagens atuais permitem que as empresas de produção se adaptem rapidamente

a mudanças no sistema de produção nas condições de mercado, dentro dos limites de um corredor de flexibilidade instalada (HOLTEWERT e BAUERNHANSL, 2016).

Segundo Holtewert e Bauernhansl (2016) a flexibilidade da capacidade é definida pelas dimensões do tempo, escopo e custos. A primeira dimensão descreve o tempo para as mudanças, a segunda dimensão é definida como um âmbito de ação com potenciais de flexibilidade e a terceira dimensão, ilustra os custos das adaptações do sistema e implementação de medidas de flexibilidade. Simões e Wessolowski (2017) afirmam que, com intuito de explorar ao extremo esta vantagem competitiva para enfrentar a flutuação do mercado, as empresas que trabalham na dimensão da flexibilidade devem trabalhar constantemente buscando melhorias da capacidade flexível das operações, com o mínimo aumento em seu custo de operação.

As características dos recursos de fabricação, com alto impacto no projeto de fabricação e, portanto, na capacidade e flexibilidade, são determinados como: eficiência e versatilidade (HOLTEWERT e BAUERNHANSL, 2016).

3.2.3 Eficiência Produtiva

A eficiência dos recursos de fabricação é definida pela capacidade disponível, volume de produção, disponibilidade técnica e tempo de processo. A eficiência produtiva é uma característica de destaque dentro do sistema produtivo, seu surgimento se deu após revolução industrial, porém nos últimos anos, aumentou-se o interesse em alcançar a eficiência dentro dos processos, onde passou a analisar melhor os atributos sobre o assunto (HOLTEWERT e BAUERNHANSL, 2016).

Numa empresa do setor manufatureiro, a eficiência produtiva é conhecida como um indicador que demonstra se a produção está conseguindo produzir uma boa quantidade de produto final, em cima de uma quantidade de insumos predeterminados ou se, com uma quantidade menor de insumos, está conseguindo produzir uma maior quantidade de produtos. Assim, é importante para organização ter conhecimento do

seu nível de eficiência, pois em caso de um resultado não satisfatório, haverá tempo para reação e mudar esse resultado (MARIANO, 2008).

Complementando o assunto, segundo Janang, Salamudin e Suhaimi (2015), a eficiência produtiva é simplesmente uma medida para definir a relação entre a entrada e a saída da empresa. É dito que a empresa tecnicamente eficiente opera no limite, o que representa a produção máxima alcançável, a partir de cada nível de entrada, ou abaixo do limite, se não forem tecnicamente eficientes. No entanto, para fins de implicações políticas na análise de eficiência, é muito importante para identificar os fatores que influenciam na eficiência (RAHELI ,2017).

A melhoria da eficiência é observada se as empresas que operam abaixo do limite se movem para o limite da produção e implica em recolhimento de ineficiência técnica ao longo do tempo. Dado seus recursos (entrada), uma empresa pode deixar de produzir o máximo possível um fenômeno popularmente conhecido como ineficiência técnica. Essa ineficiência pode surgir devido a fatores explicativos, como instituições financeiras inadequadas, a natureza e a estrutura das empresas, mecanismos de governança, bem como intervenção regulatória inadequada (JANANG, SALAMUDIN e SUHAIMI, 2015).

Existem muitas abordagens usadas na identificação desses fatores, na qual o procedimento mais seguido, na maioria das abordagens, é o procedimento em duas etapas. Em primeiro passo, ocorre quando a eficiência ou ineficiência é estimada. No segundo passo, ocorre quando o estimado é tomado como uma variável dependente e, é então regredido contra uma série de outras explicações variáveis que se supõe que afetam a eficiência (RAHELI ,2017).

3.3 PERTURBAÇÃO NO PROCESSO PRODUTIVO

Segundo Bayer (2011) a variabilidade está sempre presente em qualquer processo produtivo, independente de quão bem ele seja projetado e operado. Um sistema controlado apresenta diferentes respostas a perturbações. Grandes variações na

saída do processo podem ocorrer após a aplicação de uma nova entrada no sistema que lhe exige um tempo de acomodação ou reação. Após um determinado tempo, espera-se que o comportamento de saída do sistema permaneça estável.

3.3.1 Perda de Produção na área de Celulose

Segundo Mattiazzo (2016) nas empresas do setor de celulose existe a medição de perda teórica de produção, que pode ser definida como a perda de produção no digestor, ocasionada pela parada ou redução do ritmo de produção. Essa perda é um auxílio na identificação de gargalos da produção.

Segundo Aragão (2007) a perda de produção relacionada a falhas operacionais, corresponde ao tempo perdido em virtude de fatores que não tenha ligação direta com equipamentos, tais como mudanças nas propriedades físicas ou químicas das substâncias em processamento, causado por falhas operacionais, vazamentos, obstruções, sobrecarga entre outros, são exemplos de falhas operacionais que levam a perda de produtividade.

Os distúrbios gerados por paradas inesperadas do processo produtivo levam também a custos inesperados, manutenção corretiva e menor confiabilidade ao planejamento e controle da produção, podendo gerar queda na qualidade e provocando atrasos nas entregas dos produtos, gerando insatisfação dos clientes e conseqüentemente perda de competitividade (DA ROSA TRINDADE, DA SILVA, DE OLIVEIRA, 2018).

As perdas relacionadas a fatores externos a produção, são dadas por tempos de ajustes no plano de controle da produção, ocasionados por demanda e/ou elevado estoque causada por oscilação de mercado, fatores que não são controláveis pela empresa. Outro fator que afeta a produtividade é o suprimento de matéria prima e ou utilidades, são considerados como condições que tem impacto sobre a produtividade (DE ARAGÃO, 2007).

3.3.2 Manutenção

A manutenção de máquinas e equipamentos desempenha um papel importante nos sistemas de produção modernos e no gerenciamento do ciclo de vida do produto. As operações de manutenção bem-sucedidas podem reduzir o tempo de inatividade não programado, melhorar a produtividade em longo prazo e manter o nível funcional de produtos (NI, GU e JIN, 2015).

Com o desenvolvimento da programação de produção tradicional e teorias de manutenção, a integração de tarefas de programação com manutenção preventiva da máquina (PM), em um sistema de fabricação, teve grande destaque nas últimas décadas. Tanto a produção como a manutenção têm impactos na capacidade e confiabilidade das máquinas. De fato, enquanto a produção esgota a confiabilidade da máquina, a manutenção a restaura. Em geral, dois tipos de atividades de PM (manutenção preventiva) são incluídos no problema integrado: fixos e flexíveis. O primeiro tipo de atividade é realizado periodicamente, dentro de um intervalo de tempo fixo, enquanto para o segundo tipo, a manutenção, intervalo ou tempo iniciais de tais intervalos são supostamente flexíveis (BENBOUZID-SITAYEB, BENHAMOU, BOUZIDI-HASSINI e TOUAT, 2017).

Segundo Ni, Gu, Jin (2015) as operações de manutenção no sistema de fabricação moderno são complexas porque precisam de integração de várias fontes de informação, incluindo: condições atuais das máquinas e seus perfis de degradação; configurações do sistema; disponibilidade de tripulações e recursos de manutenção; o trabalho em processo atual no sistema, e o destino de produção. A informação varia em múltiplos níveis: nível das máquinas, nível do sistema e nível da empresa; e geralmente pode ser obtido a partir de sistemas de informação de fábrica (FISs).

Uma indústria contém inúmeros tipos de equipamentos e processos que são um desafio para controlar e manter para alcançar o maior desempenho e lucro para a planta (LINDBERG, 2015).

Embora a manutenção possa aumentar a confiabilidade da máquina em longo prazo, a máquina ou o equipamento devem ser interrompidos para que as tarefas de manutenção sejam realizadas de forma segura, o que pode interromper o processamento do sistema em curto prazo. Portanto, sempre há uma disputa entre o setor de produção, que quer manter o sistema funcionando para atender o objetivo de produção diária e o setor de manutenção, que espera ter tempo suficiente para realizar PM nas máquinas e equipamentos (NI, GU, JIN, 2015).

3.4 INDICADORES DE DESEMPENHO

Segundo Meier (2013), as empresas são obrigadas a monitorar seu serviço de entrega sobre eficácia e eficiência. Por este propósito, métodos como a medição do desempenho precisam ser desenvolvidos e implementados. Assim medir o desempenho da entrega do serviço é necessário para determinar potenciais melhorias para a organização de serviços com base em dados passados e atuais.

Conforme o PO.13.00.002 da empresa estudada (2017), Indicador de desempenho é um sistema utilizado para o controle de todas as operações e variáveis do processo, possibilitando uma rápida detecção de desvios que possam ocorrer ao longo da linha de produção e também rastrear possíveis causas de problemas ocorridos no produto final.

Dentro do contexto, De Souza Campos (2008) cita que os indicadores são instrumentos usados para que a empresa controle os processos mais críticos, quanto ao alcance ou não de um objetivo ou parâmetro mínimo exigido. Visando o acerto de possíveis desvios identificados no estudo dos dados, busca-se a identificação das causas possíveis do não cumprimento do objetivo e das sugestões de melhoria do processo. Estes dados oferecem informações essenciais para o planejamento e o gerenciamento dos processos, sendo capazes de contribuir no método de tomada de decisão.

3.4.1 Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto é um instrumento que possibilita separar os problemas mais importantes, através da análise dos dados, permitindo assim, a identificação e priorização destes problemas. Habitualmente grandes perdas são provocadas por pequenos problemas, denominados poucos vitais, ao mesmo tempo em que pequenas perdas são provocadas por problemas maiores (NASCIMENTO M., 2015; NASCIMENTO J., 2015).

Segundo Nascimento M. e Nascimento J. (2015) a análise de Pareto é uma técnica de apresentação de dados, que permite a divisão do problema em questão em vários problemas menores e de fácil resolução. Como este método é sustentado por fatos e dados, ele possibilita a priorização dos problemas de qualidade.

O diagrama de Pareto pode ser usado para, identificar o problema, detectar as causas que atuam em um defeito, encontrar problemas e causas, problemas (erro, falhas, gastos, retrabalhos) causas (operador, equipamento, matéria-prima, entre outros), melhor visualização da ação, priorizar a ação, confirmar os resultados de melhoria, verificar a situação antes e depois do problema, devido às mudanças efetuadas no processo, detalhar as causas maiores em partes específicas, eliminando a causa estratificar a ação, podendo evoluir de uma estrutura hierárquica para um diagrama de relações que apresenta uma estrutura mais complexa, não hierárquica (NASCIMENTO M., 2015; NASCIMENTO J., 2015).

3.5 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CELULOSE

O processo produtivo de celulose, dá-se basicamente por uma sequência de processos, que se inicia com a transformação das toras de eucalipto em cavacos, realizada pelo setor de picagem, logo os cavacos são transportados para o digestor onde é realizado o seu cozimento, transformando-os em uma pasta marrom de alta

consistência, que passa por um processo de lavagem e branqueamento para atingir a alvura desejada. Após ser branqueada, a pasta celulósica passa pelo processo de secagem, corte e enfardamento e está pronta para ser comercializada, como mostra na figura 1.

Figura 1 – Diagrama da Produção de Celulose.



Fonte: <http://www.veracel.com.br/nossas-operacoes/industrial/ciclo-do-processo-industrial/>

O processo de cozimento adotado é denominado *Kraft* (em alemão, forte), que é caracterizado pelo uso do hidróxido de sódio (NaOH) como agente de cozimento em presença de sulfeto de sódio (Na₂S) que funciona como agente seletivo, protegendo as fibras do ataque da soda. A recuperação dos reagentes é viável e ainda gera energia para o processo, mas, em contrapartida, são necessárias maiores cargas de químicos no branqueamento da celulose, o que gera custos para obtenção da pasta branqueada.

3.5.1 Produção de Cavacos

A produção de cavacos é a área que faz interface direta com a PSM (Transporte e Movimentação de Madeira), responsável pelo abastecimento das toras de madeira nas mesas receptoras. A partir das mesas, as toras são transportadas por correias, rolos e/ou correntes até os picadores de toras, onde são transformadas em cavacos, os cavacos passam por um processo de peneiramento e seleção granulométrica, e após, são armazenados em pilhas ou silos que alimentam os digestores na linha de pasta.

3.5.2 Linha de Pasta

A linha de pasta engloba as etapas de cozimento, lavagem, depuração da pasta marrom, deslignificação, branqueamento e a planta química.

O cozimento é realizado no digestor e tem a função de transformar os cavacos de madeira em polpa, através da dissolução da lignina. Essa é uma das etapas mais importantes do processo, pois é nela que serão definidas algumas das principais características do produto final.

A etapa de lavagem se resume na passagem da polpa cozida pelos difusores atmosféricos, visando substituir o licor negro que foi transportado junto com a polpa, por um mais limpo.

A depuração consiste basicamente na separação das impurezas da madeira e dos pedaços de cavaco que não foram devidamente cozidos no digestor, tais como nós e outros materiais (areia, pedras, etc.). Os rejeitos da depuração, dependendo de sua natureza, são removidos do processo ou retornam para serem reprocessados. Depois de depurada, a polpa é uma pasta homogênea e marrom, pronta para ser branqueada. É papel da depuração também, remover o restante do licor negro da pasta (que não

saiu nos difusores), deixando a polpa sem os produtos químicos do cozimento e já sem a lignina dissolvida, ou seja, deixa a pasta apenas com produtos que só o branqueamento consegue remover.

A deslignificação com oxigênio dá continuidade ao processo de deslignificação iniciado no cozimento, mantendo a resistência da pasta (viscosidade). As principais vantagens resultantes do processo de deslignificação são:

- a) Redução de consumo de produtos químicos no branqueamento;
- b) Redução de carga de efluentes no branqueamento;
- c) Possibilidade de uso de sequências de branqueamento diferentes.

Neste caso a principal função do branqueamento é remover as impurezas que dão cor à celulose. Grande parte das características do produto final depende fortemente da sequência utilizada no branqueamento da pasta. Sendo assim, o branqueamento é a etapa mais importante no que diz respeito à diferenciação dos produtos. Essa diferenciação é feita, alterando-se os químicos utilizados e algumas condições de processo.

3.5.3 Secagem e Enfardamento

O setor de secagem compreende os processos de depuração da pasta branqueada, formação da folha, secagem e enfardamento da celulose.

A função da depuração é remover as impurezas que possam ter sido transportadas juntamente com a pasta branqueada. Depois de depurada, a pasta seguirá para a mesa plana onde ocorrerá a formação da folha de celulose e posteriormente para a máquina secadora, para secagem da folha, então a folha de celulose é cortada e embalada em fardos para estocagem e distribuição.

4. METODOLOGIA

Este estudo tem a metodologia estruturada em três subdivisões. A primeira, que caracteriza a pesquisa, objetiva discorrer sobre o tipo de pesquisa realizada. A segunda, procedimentos técnicos, descreve as fases de composição do projeto. A terceira, o projeto de transferência, que demonstra o método de transferência e as possibilidades de transferência de uma fábrica para outra.

4.1 CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA

A proposta desse trabalho é aplicar o conhecimento e ferramentas que demonstrem os ganhos no desenvolvimento e implantação, de um projeto de transferência de pasta marrom, entre duas fábricas de celulose de fibra curta, situadas em um mesmo *site (local)*. Através desse projeto, será possível evidenciar os ganhos gerados e demonstrar a melhora na eficiência produtiva entre plantas de produção de celulose. Normalmente, em um processo contínuo é muito difícil obter ganho significativo em produção, pois os processos contínuos pelo seu próprio conceito são bem enxutos. Para se conseguir gerar ganhos significativos deve haver um baixo custo de produção ou altos investimentos. Com a alta competitividade do mercado, principalmente em produtos manufaturados como a celulose, quanto maior for à eficiência das linhas de produção, maior o retorno financeiro para as corporações.

Esta pesquisa é classificada como estudo de caso e explora uma situação real das perturbações geradoras de perdas nas linhas de produção de celulose, utilizando dados gerados e fornecidos pelo sistema da empresa, para através desses aplicar o estudo proposto.

Para YIN (2015) estudo de caso investiga um fenômeno atual em uma conjuntura de modo real, principalmente quando esses dois fenômenos não estão claramente evidenciáveis.

Quanto à natureza do estudo, esse trabalho é de pesquisa aplicada, pois tem como objetivo gerar conhecimento para aplicação na prática, buscando apresentar dados robustos relacionados à melhoria da eficiência produtiva e quantificar as perturbações do sistema.

Quanto ao formato do tipo de abordagem, ele se enquadra nos formatos qualitativo e quantitativo. Quantitativo, pois utilizará de dados da produção das fábricas A e B e conseqüentemente, a perda de produção evitada pelo sistema de transferência entre as duas fábricas. Para demonstrar os resultados, utilizamos gráficos e tabelas para analisar aspectos relacionados à produtividade. O qualitativo está apoiado em todas as descrições detalhadas nas ACD (Análise Crítica Diária), onde se detalham todas as condições de operação, suas variáveis de produção e as ocorrências motivadoras das perturbações do sistema produtivo.

O estudo em questão está limitado à análise da eficiência produtiva na transferência de pasta marrom de celulose fibra curta entre duas plantas, analisando os principais agentes causadores de perturbações no sistema produtivo, comparando os parâmetros da implantação do projeto de transferência e analisando a eficiência de transferência de celulose entre as duas plantas, baseados no histórico das variações no processo produtivo.

Este trabalho, não tem como foco desenvolver estudo sobre o processo produtivo em produção de celulose de fibra curta. Apenas utilizará do processo produtivo, a coleta de dados gerado pelo *software* gerenciado da produção, PI (*Process Information*).

4.2 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

O desenvolvimento deste trabalho de pesquisa seguiu as seguintes etapas:

1. Levantamento de dados de produção mensal das plantas de produção de celulose analisadas;

2. Levantamento dos dados de transferência de pasta entre a fábrica “A” e a fábrica “B”;
3. Levantamento dos dados de transferência de pasta entre a fábrica “B” e a fábrica “A”;
4. Utilização dos descritivos das ocorrências da ACD para geração de diagrama das causas de perturbações do processo produtivo;
5. Análise dos dados obtidos com a implantação do projeto e sem a implantação do projeto, para assim, obter-se dados reais para determinar a eficiência gerada pela implantação do sistema de transferência de pasta.

Na primeira etapa, se compreendeu o funcionamento do processo para se ter uma visão abrangente de todo o processo produtivo e de forma minuciosa a área de estudo, que se delimita entre o cozimento (digestor, depuração, deslignificação e lavagem) e o branqueamento (torres, reatores e sistema de lavagem).

Em sequência, definiu-se qual período seria analisado para geração dos dados de produção. Em paralelo, foram levantados os dados de transferência de pasta no mesmo período, discriminando as linhas de produção que obtiveram transferência de pasta marrom. Definido os resultados mensais e o total do período apurado, esses dados foram coletados através do sistema PI, *software* supervisor utilizado pela empresa.

Foram analisados os descritivos da ACD, dos eventos ocorridos entre maio de 2017 e agosto de 2018, para delinear quais os reais motivos das perdas de produção e se foi necessária à transferência de pasta marrom entre as linhas de produção, definindo os motivos e gerando um Diagrama de Pareto. Pela análise deste, foi gerado um indicador que demonstra os maiores causadores de perturbação do sistema e transferência de pasta marrom.

Após este período de levantamento e polimento dos dados, foi realizada uma análise crítica para destacar os pontos de maior relevância com a utilização dos dados desse estudo de caso, que tem como objetivo demonstrar no final desse trabalho, o ganho de eficiência produtiva, motivada pelo projeto e deixar como enriquecimento os dados

parametrizados das maiores razões geradores de perturbações nas transferências de pasta marrom entre as linhas de produção.

Os dados analisados são gerados pelo sistema PI, cuja função é informar e armazenar os dados decorrentes do processo produtivo em um banco de dados no servidor industrial, que são obtidos por meio de uma interface com os sistemas de controle da fábrica SDCCD (Sistema Digital de Controle Distribuído) e PLC (Programador Lógico Controlado), constituindo-se numa ferramenta para análises de situações observadas na linha de produção em tempo real. Os dados analisados geraram uma eficiente visualização das perturbações inerentes ao processo produtivo e facilitaram a utilização de técnicas e metodologias para melhor identificação das causas de perdas de produção.

Para isso, foi elaborado um Gráfico de Pareto a qual se pode utilizar como indicador para as perturbações do processo, que nos proporciona comparar os resultados obtidos após a análise dos dados de entrada, fornecidos pela empresa, como propósito deste trabalho, que é demonstrar a eficiência no ganho produtivo do sistema de transferência.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ESTUDO DE CASO

A empresa está sediada no município de Aracruz, a 65 km de Vitória, no Estado do Espírito Santo, é a maior produtora e exportadora mundial de celulose de fibra curta branqueada de eucalipto. A empresa exporta mais de 90% da sua produção, principalmente para a Europa, América do Norte e Ásia. A empresa detém 3,6 % da capacidade mundial de produção de celulose de fibra curta de mercado.

Um empreendimento integrado, composto por florestas plantadas de eucalipto, fábrica de celulose e terminal portuário privativo, em um espaço territorial relativamente próximo. Autossuficiente, com florestas próprias, possui uma base territorial de 203 mil ha, sendo 131 mil ha de eucalipto e 57,5 mil ha de preservação com florestas nativas, num raio operacional médio atual de 110 km.

O complexo industrial reúne três fábricas, sendo que a primeira (fábrica “A”) entrou em funcionamento em 1978 e a segunda (fábrica “B”) em 1991, a terceira (fábrica “C”) em 2002, com capacidade nominal para produzir 2.200.000 toneladas anuais. Possui instalações para a recuperação de produtos químicos, captação e tratamento de água, tratamento de efluentes e emissões atmosféricas, geração de vapor e energia elétrica, planta química; além de contar com uma unidade eletroquímica, para o suprimento de insumos necessários ao processo.

Apesar da fábrica “A” ser inaugurada no ano de 1978 e a segunda fábrica no ano de 1991, somente no ano de 2016 o projeto de transferência de pasta marrom entre as fabricas foi idealizado e em maio de 2017, deu-se início as transferências de pasta marrom entre as fábricas.

Após a implantação da linha de transferência de pasta marrom entre plantas produtoras de celulose em um mesmo *site (local)*, possibilitando a transferência de pasta marrom entre as linhas de produção e flexibilizando manobras operacionais que

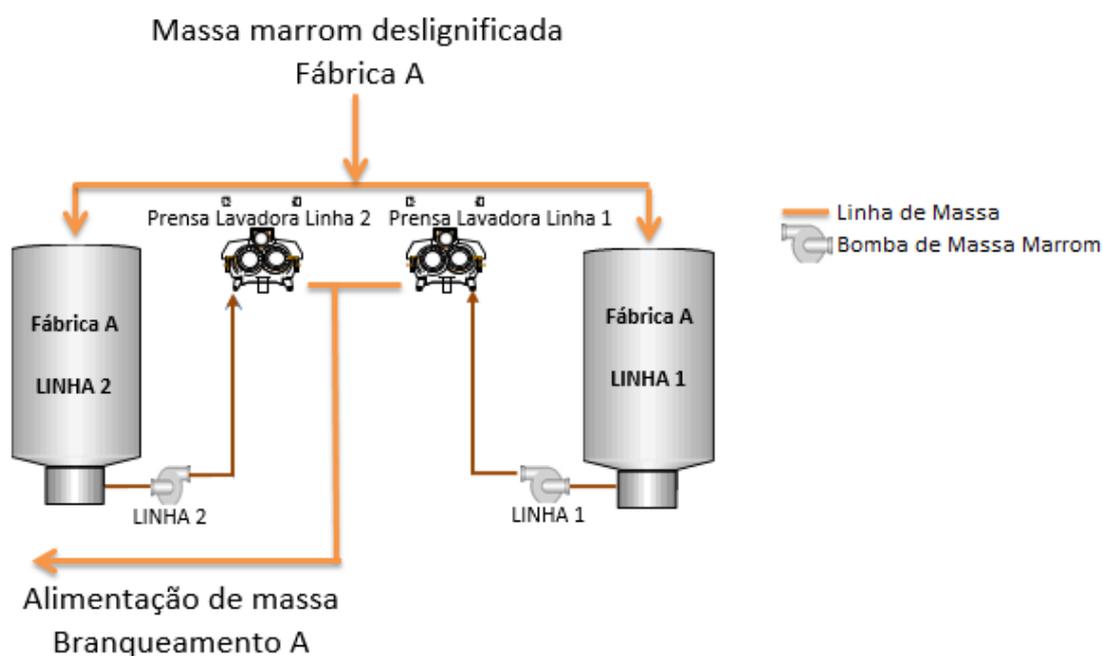
visam o ganho em produtividade, logo, aumento na eficiência produtiva, levando a uma melhora no processo produtivo em relação ao processo anterior a instalação do sistema.

5.2 DESCRIÇÃO DO PROJETO DE TRANSFERÊNCIA DE PASTA

O projeto consiste na possibilidade de transferência de pasta marrom, entre duas fábricas produtoras de celulose de fibra curta, dentro do processo da linha de pasta após deslignificação, entre as fábricas A e B. Tem como intuito a redução da perda de produção nos digestores, flexibilizando também as paradas programadas dos branqueamentos A e B.

Antes do projeto, na fábrica "A", a pasta marrom, após a deslignificação, era transferida para a torre de estocagem da linha 1 e linha 2. Cada torre de estocagem possui uma bomba de média consistência para a alimentação do sistema de lavagem e logo após, era enviada para o processo de branqueamento da pasta como mostrado na figura 2.

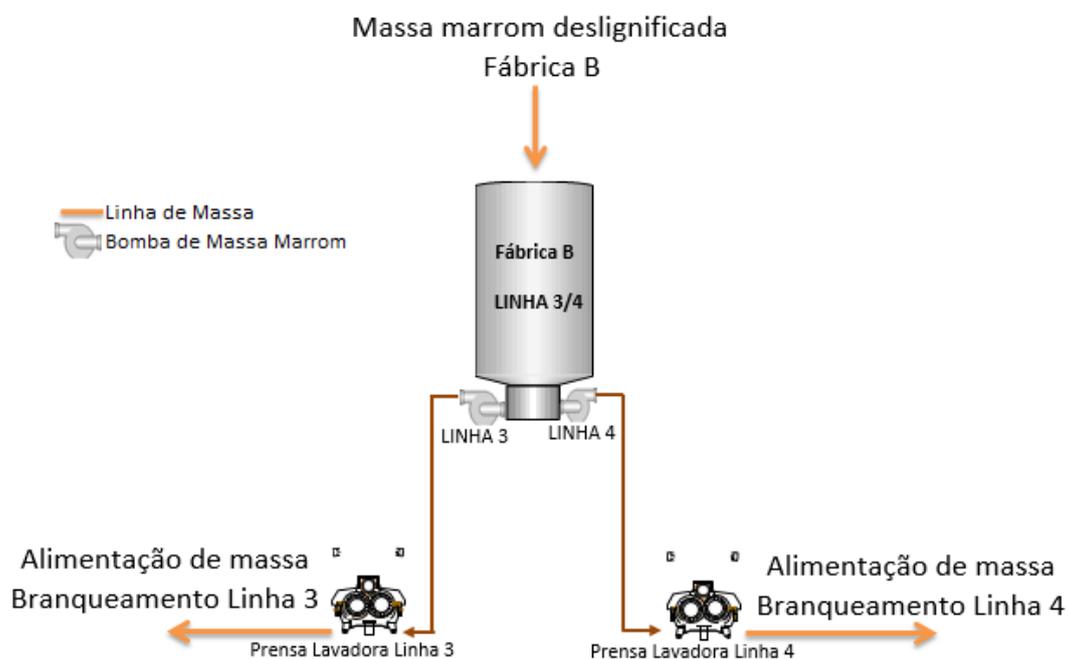
Figura 2 – Diagrama do processo de produção da fábrica A antes do projeto.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

Na fábrica “B” após a deslignificação da pasta marrom, esta é transferida para a única torre de estocagem, o que difere da fábrica A que possui duas torres de estocagem para cada linha de processo. Porém, como a fábrica B possui uma única torre de armazenamento, esta possui duas bombas para bombeamento da alimentação do sistema de lavagem. Logo após, a pasta é enviada para o processo de branqueamento nas linhas 3 e 4 como mostrado na figura 3.

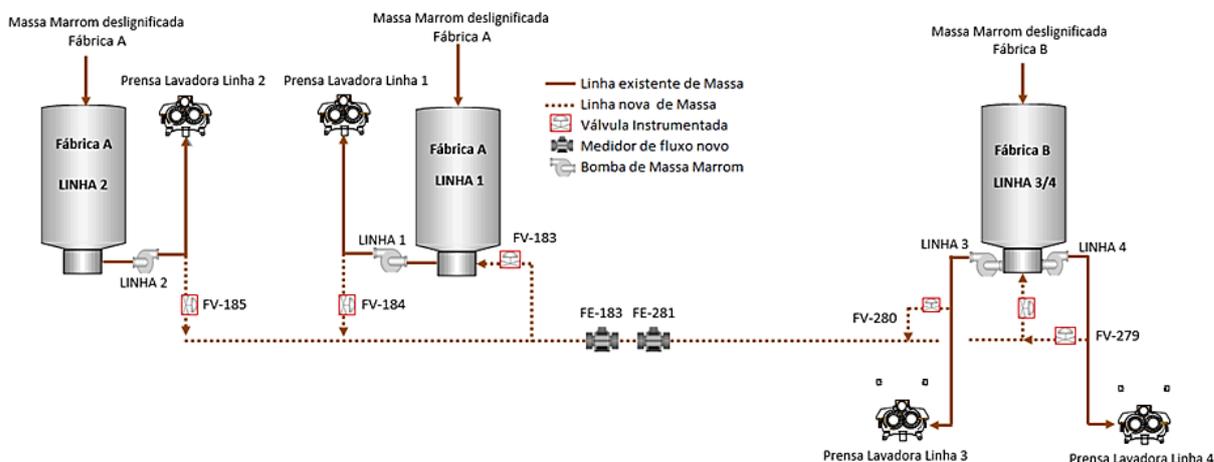
Figura 3 – Diagrama do processo de produção da fábrica B antes do projeto.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

Como a instalação do projeto da transferência de pasta marrom atende as quatro linhas de produção, linha 1 e linha 2 da fábrica “A” e as linhas 3 e 4 da fábrica “B”. Para a execução do projeto, foi necessário a montagem de um sistema de transferência através de tubulações, válvulas automáticas e medidores magnéticos entre as fábricas. Na figura 4, exemplifica-se como é o sistema de transferência de pasta marrom entre as duas fábricas.

Figura 4 – Diagrama do processo de produção das fábricas “A” e “B” após instalação do projeto.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

As transferências de pasta marrom, tanto da fábrica “A” e da fábrica “B” são feitas, a partir das bombas de transferência das respectivas linhas. No entanto, a transferência da fábrica “A” (linha 1) para a fábrica “B”, é feita para torre de estocagem da fábrica “B”. Dando sequência, a transferência da fábrica “A” (linha 2) para a fábrica “B”, é feita para torre de estocagem da fábrica “B”.

A transferência da fábrica “B” (linha 3) para a fábrica “A”, é feita para uma das torres de estocagem da fábrica “A”. De forma semelhante à transferência da fábrica “B” (linha 4) para a fábrica “A”, é feita para uma das torres de estocagem da fábrica “A”.

Como a fábrica “A” possui duas torres de estocagem de pasta marrom deslignificada e a fábrica “B” somente uma torre de estocagem, a transferência da fábrica “B” para fábrica “A”, poderá ser flexibilizada, pois há a possibilidade de armazenagem nas duas torres de estocagem “A”.

5.3 ANÁLISE DOS DADOS

Para a análise desta pesquisa, foram observadas as ocorrências no descritivo na ACD, no período de maio de 2017 a agosto de 2018. O resultado obtido foi a associação das transferências de pasta entre as plantas, como “perturbações do processo”. Assim, criando um indicador com os motivos pelos quais levam a realizar as transferências de pasta marrom entre as duas plantas produtoras de celulose. Onde esses motivos são: falhas operacionais, falhas de equipamentos, manutenções programadas e balanços de fluxo de processo.

As falhas operacionais ocorrem no período de plena operação do processo e estão relacionadas a causas, que podem ser de natureza técnica (procedimentos), processo e humana.

As falhas de equipamentos ocorrem pelo desgaste no processo devido ao tempo de utilização e de vida útil. Seu desgaste pode ser devido à falta de manutenção ou esta não ser feita de forma adequada, o que causa fadiga nos equipamentos, levando-os a falha.

Manutenções programadas são as paradas de linhas ou equipamentos para substituição ou reparo de algum item, para prevenir que o mesmo não falhe, impactando no processo produtivo.

Balanço de fluxo de processo ou balanço de massa é a manutenção da estabilidade nos níveis das torres de estocagem de pasta marrom, esse balanço é feito para que a planta ou linha que esteja com volume abaixo da sua capacidade não sofra perda de produção.

Objetivando a identificação das falhas com maior representatividade no modelo de Pareto, as tabelas 1, 2, 3 e 4 abaixo demonstram todos os eventos ocorridos no intervalo determinado para coleta de dados, que ocorreu entre maio de 2017 e agosto de 2018.

As transferências por balanço de massa buscam equilibrar o fluxo do processo e podem ocorrer por motivos variados como demonstrado na tabela 1.

Tabela 1 – Transferências por Balanço de Massa.

BALANÇO DE MASSA	
Causa Raiz	Número de Eventos
Fechamento de produção da fábrica “A”	16
Equalização das torres de pasta marrom da fábrica “A”	7
Fechamento de produção da fábrica “B”	7
Equalização da torre de pasta marrom da fábrica “B”	3
TOTAL	33

Fonte: Elaborado pelos Autores.

As transferências por falhas operacionais ocorrem toda vez que há perdas no processo, devido à realização errada de um procedimento, falha humana ou até mesmo interferências da própria matéria prima, como demonstrado na tabela 2.

Tabela 2 – Transferências por Falhas Operacionais.

FALHA OPERACIONAL	
Causa Raiz	Número de Eventos
Parada inesperada da depuração “B” – L1	3
Parada inesperada do digestor “A” – prisão de coluna	2
Parada inesperada do digestor “A”	2
Parada inesperada branqueamento “B” – L4	2
Nível baixo de óleo da UH – 514	1
Parada inesperada da prensa – L3	1
Parada inesperada na depuração “B” – L4	1
Parada inesperada do branqueamento “B” – L3	1
Instabilidade do kappa digestor “A”	1
Instabilidade da depuração “A” – L2	1
Parada inesperada do branqueamento “A” – L1	1
Parada inesperada da depuração “A” – L2	1
Total	17

Fonte: Elaborado pelos Autores.

As transferências por paradas programadas, ocorrem quando há a necessidade de intervir preventivamente na linha de processo com a manutenção da mesma, evitando que ocorram quebras ou falhas indesejadas, como demonstradas na tabela 3.

Tabela 3 – Transferências por Parada Programada.

PARADA PROGRAMADA	
Causa Raiz	Número de Eventos
Parada programada da fábrica “B” no digestor e depuração “B”	4
Parada programada da fábrica “B”	4
Parada programada da fábrica “A”	2
Parada programada da fábrica “B” no branqueamento “B”	2
Analizador kappa branqueamento “B”	1
Manutenção preventiva na bomba 26-3212-115	1
TOTAL	14

Fonte: Elaborado pelos Autores.

As transferências por falhas de equipamentos, ocorrem toda vez que o processo sofre parada ou redução da produção, por motivo de quebra ou falha nas máquinas do processo, como demonstrado na tabela 4.

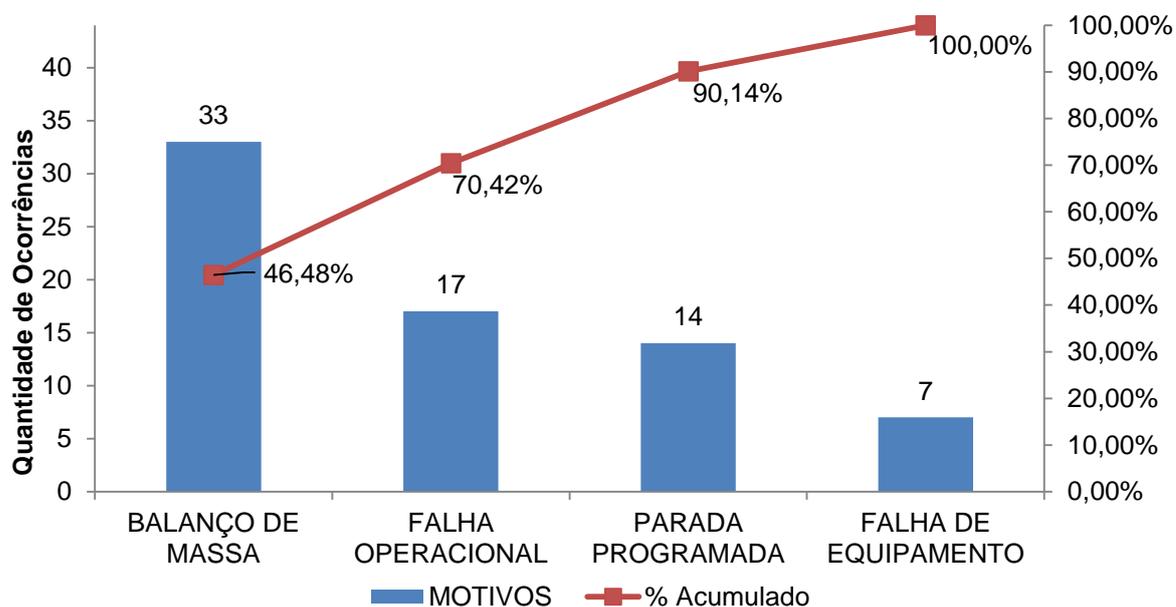
Tabela 4 – Transferências por Falhas de Equipamentos.

FALHA DE EQUIPAMENTO	
Causa Raiz	Número de Eventos
Quebra da bomba 26-3212-65	1
Quebra da bomba de alimentação da prensa 20-511	1
Quebra da bomba 26-3205-5	1
Quebra da bomba 26-3212-53	1
Quebra da bomba 26-3214-18	1
Rompimento da linha de diluição no fundo da TMCM 01	1
Vazamento na prensa 20-513	1
TOTAL	7

Fonte: Elaborado pelos Autores.

As perturbações do processo produtivo foram analisadas nos dados da ACD e foram separadas pelos motivos das ocorrências como demonstra o gráfico 1.

Gráfico 1 – Perturbações do Processo Produtivo.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

Com base na produção total mensal por fábrica, a tabela 5 demonstra os dados de produção em toneladas secas ao ar/mês de pasta marrom, produzida na fábrica “A” e na fábrica “B”, no período de 16 meses, entre maio de 2017 a agosto de 2018, a qual o trabalho de levantamento dos dados ocorreu.

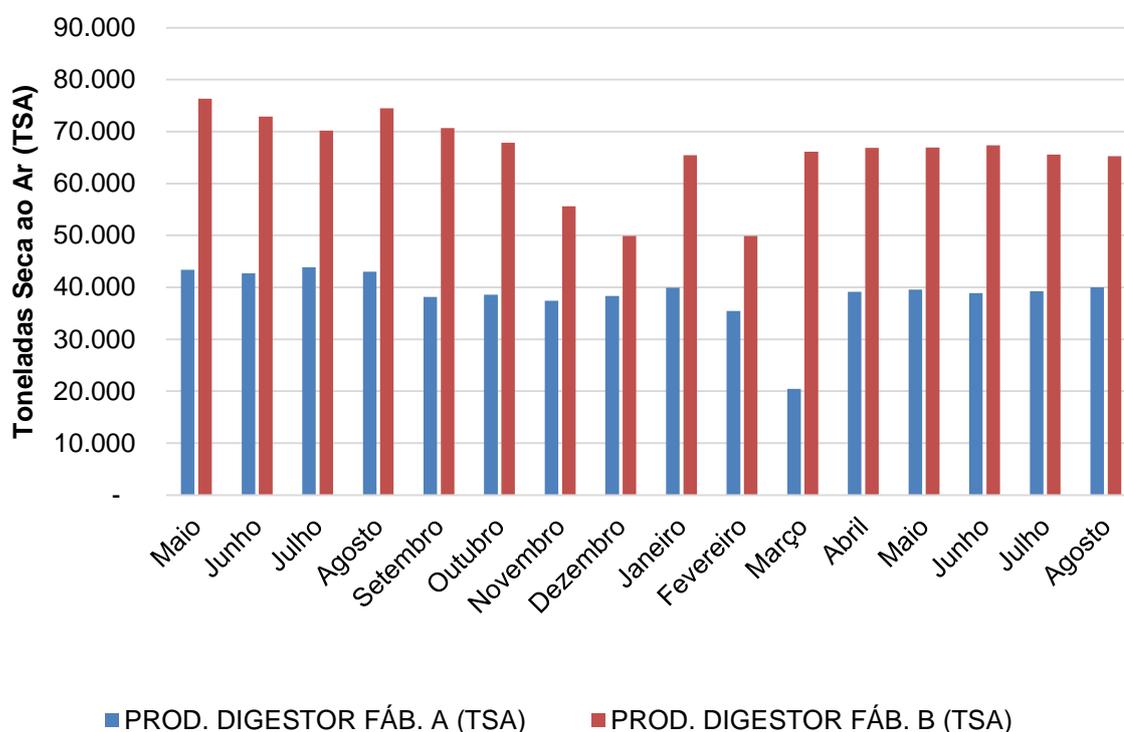
Tabela 5 – Produção Mensal de Pasta Marrom de Celulose por Fábrica.

MÊS	PROD. DIGESTOR FÁB. A (TSA)	PROD. DIGESTOR FÁB. B (TSA)
Maio	43.370	76.359
Junho	42.703	72.901
Julho	43.896	70.178
Agosto	43.012	74.493
Setembro	38.186	70.681
Outubro	38.619	67.848
Novembro	37.394	55.602
Dezembro	38.357	49.896
Janeiro	39.962	65.446
Fevereiro	35.429	49.922
Março	20.486	66.111
Abril	39.153	66.871
Maio	39.557	66.935
Junho	38.898	67.395
Julho	39.270	65.603
Agosto	40.036	65.257
TOTAL	618.328,00	1.051.498,00

Fonte: Elaborado pelos Autores.

O gráfico 2 demonstra os valores em toneladas seca ao ar/mês expressos na tabela 5, onde estes servirão de ponto de partida para análise de qual o ganho em eficiência produtiva gerada através das transferências de pasta marrom entre as fábricas.

Gráfico 2 – Produção Mensal de Pasta Marrom de Celulose por Fábrica.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

A tabela 6 demonstra a quantidade de pasta marrom de celulose transferida entre as plantas produtoras de celulose, entre o período de maio de 2017 a agosto de 2018. Transferência da fábrica “A” para fábrica “B”, considerando o somatório das linhas 1 e 2 e da fábrica “B” para fábrica “A”, considerando o somatório das linhas 3 e 4.

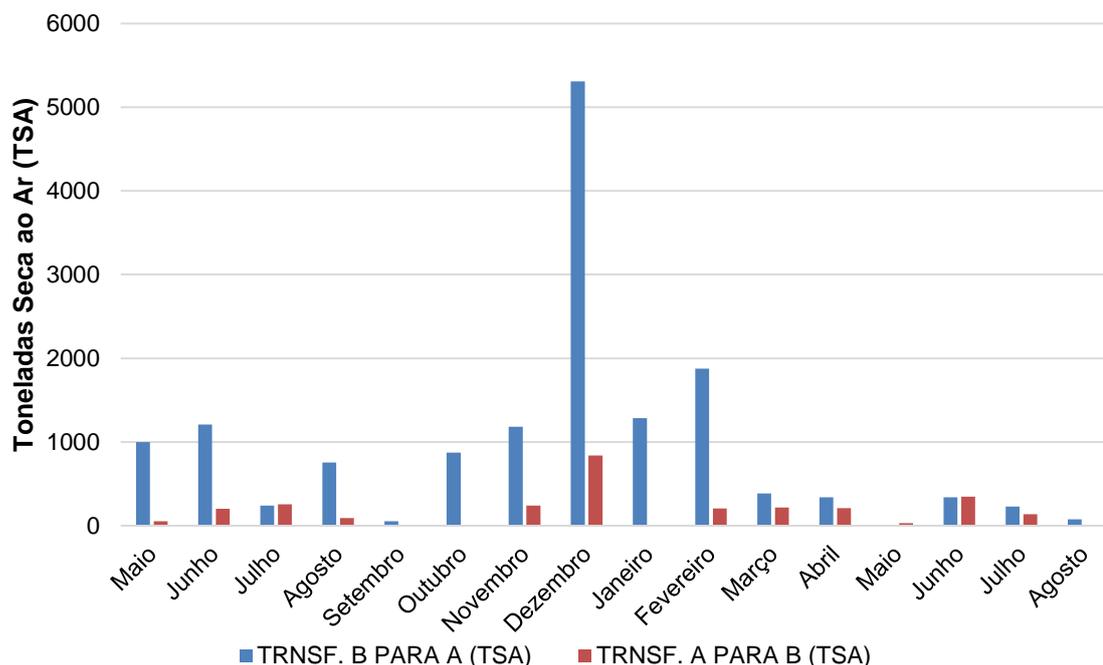
Tabela 6 – Transferência de Pasta Marrom de Celulose por Fábrica.

MÊS	TRNSFERÊNCIA B PARA A (TSA)	TRNSFÊRENCIA A PARA B (TSA)
Maio	998,94	52,76
Junho	1.209,19	201,20
Julho	238,59	255,79
Agosto	753,70	90,92
Setembro	54,56	-
Outubro	871,53	-
Novembro	1.181,76	239,49
Dezembro	5.308,27	840,16
Janeiro	1.285,58	-
Fevereiro	1.876,16	205,00
Março	384,96	216,83
Abril	340,67	211,35
Maio	-	31,64
Junho	337,77	348,35
Julho	230,22	138,13
Agosto	76,64	-
TOTAL	15.148,54	2.831,62

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Utilizando os dados de produção, pode-se quantificar a transferência de pasta marrom realizada no período dos 16 meses analisados, como demonstrada no gráfico 3.

Gráfico 3 – Transferência de Pasta Marrom de Celulose por Fábrica.



Fonte: Elaborado pelos Autores.

A eficiência produtiva, gerada pela transferência de pasta marrom entre as plantas produtoras de celulose é de importante valor para o processo, visto que o sistema de fluxo em linha ou contínuo, não geram muitas opções para manter o processo funcionando. Na produção de celulose, não é diferente, quando há ocorrência de redução ou parada nas linhas antecessoras, é inevitável à redução ou perda da produção. Com a implantação da transferência de pasta marrom entre as plantas, pode-se notar uma nova opção para distribuição dos fluxos de produção, minimizando as perdas de produção e consequentemente aumentando a eficiência produtiva.

O valor da eficiência em percentual gerado pelas transferências de pasta marrom entre as fábricas “A” e “B” pode ser gerado pela equação:

$$Eficiência = \frac{Produção Transferida (Tsa)}{Produção(Tsa) + Produção Transferida (Tsa)} \times 100$$

A eficiência obtida na fábrica “A” no período do estudo, a partir das transferências realizadas entre fábrica “B” e fábrica “A”, nesta respectiva sequência é:

$$\text{Eficiência Fábrica A} = \frac{15148,54 (Tsa)}{618328,00 (Tsa) + 15148,54 (Tsa)} \times 100 = \mathbf{2,39\%}$$

A eficiência obtida na fábrica “B”, a partir das transferências realizadas entre as fábricas “A” e “B” no período de avaliação, nesta respectiva sequência é:

$$\text{Eficiência Fábrica B} = \frac{2831,62 (Tsa)}{1051498,00 (Tsa) + 2831,62 (Tsa)} \times 100 = \mathbf{0,26\%}$$

Desta forma, para se obter ganhos significativos em processo de produção de celulose, se investe muito tempo e dinheiro em pesquisa e aquisição de equipamentos como em projetos de melhoria, etc. Este projeto merece destaque pelo aumento da eficiência produtiva, com um projeto simples e de custo relativamente baixo.

Se considerarmos o ganho significativo em toneladas produzidas obtidas pelas transferências, apesar dos pequenos percentuais de ganho em produção, considerando que a produção de celulose é relativamente alta, principalmente para o modelo o qual estamos avaliando - processo de fluxo em linha - pode-se dizer que o resultado do projeto é satisfatório e atendeu plenamente ao seu objetivo.

6. CONCLUSÃO

A indústria de celulose é sem dúvida de grande importância para a economia brasileira, fazendo do Brasil um dos maiores produtores de celulose do mundo e o maior em celulose fibra curta de eucalipto. Com a alta demanda no mercado, qualquer intervenção ou parada que gere perda na linha de produção de celulose, afeta não só os custos como também sua competitividade de mercado, sua eficiência produtiva e conseqüentemente o lucro da empresa.

O presente trabalho possibilitou analisar a eficiência produtiva gerada na transferência de pasta marrom entre as plantas produtoras de celulose, em um projeto com delineamento simples, que gerou um rendimento importante. Além disso, avaliou-se as transferências, associando-as a um indicador, dos motivos e causas dessas ocorrências com o propósito de identificar quais foram as maiores perturbações do processo produtivo daquela área analisada.

No desenvolvimento do trabalho foi constatado, através dos dados qualitativos retirados da ACD (Análise Crítica Diária), quais foram os maiores motivadores das transferências de polpa entre as fábricas. Desta forma, 46,48% das ocorrências de transferência de polpa foram causadas por balanço de massa e as causas raízes das perturbações ocorridas entre o período de maio de 2017 a agosto de 2018.

Analisando os dados fornecidos pela empresa, confirmaram-se os ganhos gerados pelo projeto ao processo de produção de celulose, tendo um aumento na produtividade da fábrica "A" na ordem de 15.148,54 TSA (toneladas secas ao ar), que equivalem a 2,39% na elevação da eficiência produtiva da fábrica "A" para o período de avaliação (maio de 2017 a setembro de 2018) e para fábrica "B" 2.831,62 TSA, que equivalem a 0,26% na eficiência da fábrica "B" para o mesmo período. Com isto, foi possível manter o processo de produção mais estável, contando com maior flexibilidade nas manutenções programadas, gerando menor perda de produção, balanço de massa, falhas em equipamentos e operacionais.

6.1 LIMITAÇÕES

Cabe ressaltar que ao preenchimento de forma irregular pelos operadores de produção das ocorrências descritas na ACD, dificultou o refinamento dos dados, contribuindo para limitação do estudo de caso. Fazendo com que a investigação de justificativas de transferências fossem buscadas de forma que outras áreas operacionais fossem solicitadas, dificultando a tabulação dos dados. O período que foi coletado os dados de acompanhamento dos resultados foi curto, 16 meses (maio de 2017 a agosto de 2018). Para caráter exploratório do estudo, porém para uma empresa de grande porte, o período analisado representou um resultado positivo, considerando que o projeto de recente implementação.

6.2 SUGESTÃO PARA ESTUDOS FUTUROS

Com o projeto instalado, foi possível melhorar a estabilidade do processo produtivo, além de incrementar sua flexibilidade. Seguindo esta mesma linha de pensamento, para trabalhos futuros, pode-se mergulhar profundamente nas razões a qual a transferência de pasta marrom foi realizada, podendo contribuir para a geração de um indicador de desempenho, que demonstre de forma mais fidedigna as falhas no processo produtivo. Assim, possibilitando uma atuação mais contundente nas perdas de produção causadas por falhas.

Com o objetivo de melhoria de cadastro de registros de ocorrências, podemos sugerir uma melhoria no sistema do programa ACD, sendo mais objetiva e clara. Assim, os operadores de produção possam realizar as transferências e registrarem de forma já definida no sistema o tipo de ocorrência: manutenção programada, balanço de massa, falha em equipamento e operacional. Facilitando assim, o motivo principal na qual foi realizada a transferência de pasta marrom entre as fábricas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAYER, Fernando Mariano; ARAÚJO, Olinto César Bassi de. Controle Automático de Processos. Escola técnica aberta do Brasil—e tec Brasil, Rio grande do Sul, p21, 2011.

BLAZUS, André; HORA, André Barros da; LEITE, Bruno Gomes Pereira. Panorama de mercado: celulose. BNDES Setorial, n. 32, set. 2010, p. 311-370, 2010.

BUENO, Jefferson Mendes; NEVES, Manoel Rodrigues; Silva, Carlos Alberto Farinha; A INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL NO BRASIL NA PRIMEIRA DÉCADA DO SÉCULO XXI – ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O QUE PODERÁ AINDA ACONTECER; Guia ABTCP Fornecedores e Fabricantes, 2014.

CARVALHO, Luciana; AVELLAR, Ana Paula Macedo de. Innovation and productivity: empirical evidence for Brazilian industrial enterprises. Revista de Administração (São Paulo), v. 52, n. 2, p. 134-147, 2017

DA ROSA TRINDADE, Jonathan Dias; DA SILVA, Nathiele Lemes Gervasio; DE OLIVEIRA, Ronildo Jorge. ANÁLISE SWOT APLICADA NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA. Episteme Transversallis, v. 12, n. 1, 2018.

DE ARAGÃO, Irlam Reis; BORNIA, Antonio Cezar. A redução de perdas num processo produtivo através da implantação da sistemática da árvore de perdas. Revista Produção Online, v. 7, n. 2, 2007.

DE SOUZA CAMPOS, Lucila Maria; DE MELO, Daiane Aparecida. Indicadores de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA): uma pesquisa teórica. Production, v. 18, n. 3, p. 540-555, 2008.

DOS REIS, Marcene Freitas et al. PROPOSTA DE MELHORIA DO LAYOUT PRODUTIVO: ESTUDO DE CASO DE UMA GRÁFICA NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO-RJ. Revista Produção Industrial & Serviços, v. 3, n. 2, p. 14-25, 2017.

GALEANO, Edileuza Aparecida Vital; WANDERLEY, Lívio Andrade. Produtividade industrial do trabalho e intensidade tecnológica nas regiões do Brasil: Uma análise regional e setorial para o período 1996-2007. Planejamento e Políticas Públicas, n. 40, 2013.

HOLTEWERT, Philipp; BAUERNHANSL, Thomas. Interchangeable Product Designs for the Increase of Capacity Flexibility in Production Systems. Procedia CIRP, v. 50, p. 252-257, 2016.

JANANG, Jennifer Tunga; SUHAIMI, Rosita; SALAMUDIN, Norhana. Can Ownership Concentration and Structure be Linked to Productive Efficiency? Evidence from Government Linked Companies in Malaysia. *Procedia Economics and Finance*, v. 31, p. 101-109, 2015.

LIMA, Paulo André Miranda, and Mauricio Johnny Loos. "Aplicação de fluxo contínuo como contribuição no aumento da produtividade e diminuição do Lead time de uma Indústria Metalúrgica." *Revista Gestão Industrial* 13.1 (2017).

LINDBERG, Carl-Fredrik et al. Key performance indicators improve industrial performance. *Energy Procedia*, v. 75, p. 1785-1790, 2015.

LOURENÇO, E. J. et al. Using multi-layer stream mapping to assess the overall efficiency and waste of a production system: a case study from the plywood industry. *Procedia CIRP*, v. 48, p. 128-133, 2016.

LUSTOSA, Leonardo Junqueira; DE MESQUITA, Marco Aurélio; OLIVEIRA, Rodrigo J. *Planejamento e controle da produção*. Elsevier Brasil, 2008.

MARIANO, Enzo Barberio. *Sistematização e comparação de técnicas, modelos e perspectivas não-paramétricas de análise de eficiência produtiva*. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MATTIAZZO, Francisco Brasil, et al. "BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO DA ROTINA EM UMA FÁBRICA DE CELULOSE." *O PAPEL* 77.9 (2016): 71-81.

MEIER, Horst et al. Key performance indicators for assessing the planning and delivery of industrial services. *Procedia Cirp*, v. 11, p. 99-104, 2013.

MOELLMANN, Artur Henrique, et al. "Aplicação da teoria das restrições e do indicador de eficiência global do equipamento para melhoria de produtividade em uma linha de fabricação." *Revista gestão industrial* 2.1 (2006).

MOREIRA, D. A. *Administração da Produção e Operações*. 5 ed. São Paulo: Pioneira, 2000.

MOREIRA, Daniel A. *Administração da Produção e Operações* Editora Pioneira. São Paulo, 1993.

MOREIRA, Daniel Augusto. *Produção e Operações*. São Paulo: Pioneira, 1998.

NASCIMENTO, Maria da Glória Fernandes; NASCIMENTO, Joselia Fernandes. Indicadores de Desempenho e ferramentas da Qualidade em uma empresa fabricante de estruturas metálicas. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC*. 2015.

NI, Jun; GU, Xi; JIN, Xiaoning. Obras de manutenção preventiva para grandes sistemas de produção. CIRP Annals-Manufacturing Technology, v. 64, n. 1, p. 447-450, 2015.

PORTER, Michael E, Estratégias Competitivas/ Técnicas para análise de indústrias e da concorrência. 2º ed. Campus. Rio de Janeiro, Elsevier, 2004, p.10

PO.13.00.002 - Monitoramento das Variáveis de Controle do Processo - Rev.03, 2017.

RAHELI, Hossein et al. A two-stage DEA model to evaluate sustainability and energy efficiency of tomato production. Information Processing in Agriculture, 2017.

REIS DA ROCHA, Duílio. Gestão da Produção e Operações. São Paulo: Ciência Moderna, 2008.

SALTIÉL, Renan Mathias Ferreira; NUNES, F. A indústria 4.0 e o sistema Hyundai de produção: suas interações e diferenças. V SIMEP-Simpósio de Engenharia de Produção. Anais... Joinville, 2017.

SIMÕES, Wagner Lourenzi; WESSOLOWSKI, Letícia Oliveira. Análise sistêmica e prospecção de estratégias para manutenção da flexibilidade em uma indústria eletrônica diante as incertezas do mercado. Análise, v. 38, n. 13, 2017.

SPEROTTO, Fernanda Queiroz. A expansão do setor de celulose de mercado no Brasil: condicionantes e perspectivas. Indicadores Econômicos FEE, v. 41, n. 4, 2014.

SUJOVA, Andrea; HLAVACKOVA, Petra; SAFARIK, Dalibor. Analysis of investment effectiveness in the wood processing industry of the czech republic. Procedia Economics and Finance, v. 26, p. 382-388, 2015.

TOUAT, Meriem et al. A hybridization of genetic algorithms and fuzzy logic for the single-machine scheduling with flexible maintenance problem under human resource constraints. Applied Soft Computing, v. 59, p. 556-573, 2017.

YIN, Robert K. Estudo de Caso-: Planejamento e Métodos. Bookman editora, 2015.