

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**DESENVOLVIMENTO ALTERNATIVO DE CELULOSE FIBRA LONGA
NA FABRICAÇÃO DE PAPEL DE BAIXA GRAMATURA**

PONTA GROSSA
2017

EZEQUIEL GONÇALVES

**DESENVOLVIMENTO ALTERNATIVO DE CELULOSE FIBRA LONGA
NA FABRICAÇÃO DE PAPEL DE BAIXA GRAMATURA**

Trabalho de Monografia apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção, do Departamento de Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Professor Orientador: Drº. João LuizKovaleski

PONTA GROSSA
2017



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PONTA GROSSA
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Curso de Especialização em Engenharia de Produção



FOLHA DE APROVAÇÃO

DESENVOLVIMENTO ALTERNATIVO DE CELULOSE FIBRA LONGA NA FABRICAÇÃO DE PAPEL DE BAIXA GRAMATURA.

por

Ezequiel José Gonçalves

Esta monografia foi apresentada no dia dezoito de março de dois mil e dezessete como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. João Luiz Kovaleski(UTFPR)
Orientador

Prof. Dr. Ariel Orlei Michaloski(UTFPR)
Membro

**Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco
(UTFPR)**
Membro

Visto do Coordenador:

Prof. Dr. Ariel OrleiMichaloski
Coordenador
UTFPR – Câmpus Ponta Grossa

Dedico este trabalho a Deus e a minha família e a todos meus amigos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me dar forças e ter me sustentado, porque sem ele nada teria se concretizado, sendo ele meu Deus de amor meu bem maior tem estado comigo a cada dia para vencer.

Quero agradecer a minha família por ter me apoiado, a minha mãe e meu pai e meus queridos irmãos que acreditaram em minha capacidade e que eu iria realizar meus sonhos.

E também especial a Cheily Souza por me ajudar muito no desenvolvimento deste trabalho, aos meus grandes amigos Helen Costa, Helio Souza.

Aos grandes amigos irmão, Valmir Ferreira e Valdair Ferreira, que vivemos grandes momentos nas viagens para ponta grossa no final de semana sendo grandes parceiros de trabalho, com certeza estarão sempre em meu coração. Aos meus parceiros de trabalho Marcelo Xavier e José Roberto.

“O senhor é o Deus eterno, ele criou o mundo inteiro, Ele não se cansa, não fica fadigado; ninguém pode medir a sua sabedoria, Aos cansados ele dá novas forças e enche de energia os fracos. Até os jovens se cansam, e os moços tropeçam e caem; mas os que confiam no SENHOR recebem sempre novas forças. Voam nas alturas como as águias, correm e não perdem as forças, andam e não se cansam.”

ISAIAS 40:29

RESUMO

GONÇALVES, Ezequiel José. Desenvolvimento alternativo de celulose fibra longa na fabricação de papel de baixa gramatura. 2017. 33 f. Monografia (Especialização em Engenharia Produção). Programa de Pós-Graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

Este estudo demonstra que a celulose apresenta um papel muito importante nas indústrias brasileiras devido à elevada demanda em termos de consumo interno e externo, como no caso exportação do produto, as indústrias de papel imprensa utilizam uma grande quantidade de celulose fibra longa em seu processo de fabricação, com o objetivo de aumentar a resistência física do papel e também melhorar as características de printabilidade e melhorando a qualidade e andamento de máquina. Dentre as características de resistência físicas importantes durante a avaliação da qualidade da celulose e do papel final fabricado tem-se: gramatura, tração, rasgo e estouro; e as características óticas como alvura e brancura. Para a avaliação da celulose foram utilizadas 150 toneladas durante 24 horas, desagregando o equivalente a 54 cargas por cerca de 20 minutos por batelada cada batelada contém 12 fardos de celulose de 250 quilos. A celulose foi armazenada em uma torre de estocagem e refinada em refinadores de disco, para promover a refinação e a fibrilação das fibras de celulose, a celulose refinada foi misturada com pasta mecânica, refugo pronto, massa recuperada e amido, produtos fixos que compõem a receita do papel. Este trabalho teve por objetivo avaliar as características de resistência física da celulose fibra longa no processo de fabricação de papel 38 g/m². Com isso concluiu-se que nas amostras coletadas na saída do refinador, a celulose europeia apresentou melhores resultados de resistência física em relação à celulose brasileira, porém os resultados de resistência física do papel base não apresentaram diferença significativa. Cabe ressaltar que é necessário avaliar as possíveis alterações desta nova celulose pode causar no produto final para que os parâmetros de qualidade estabelecidos mantenham-se dentro do padrão estipulado. Sendo possível assim, a realização de testes em maior escala e em outros tipos de papéis.

Palavras-chave: Fabricação de papel. Celulose. Qualidade operacional.

ABSTRACT

ONÇALVES, Ezequiel José. Alternative development of Kraft long fiber in the manufacture of paper of low weight. 2017. 33 f. Monography (Specialization in Production Engineering). Postgraduate Program of the Federal Technological University of Paraná, Ponta Grossa, 2017

This study demonstrates that pulp plays a very important role in Brazilian industries due to the high demand in terms of internal and external consumption, as in the case of product exports, the press paper industries use a large amount of pulp long fiber in their process of With the aim of increasing the physical strength of the paper and also improving printability characteristics and improving machine quality and progress. Among the important physical resistance characteristics during the evaluation of the quality of the cellulose and the final paper manufactured are: weight, traction, tear and burst; And optical characteristics such as whiteness and whiteness. For the evaluation of the cellulose, 150 tons were used during 24 hours, disaggregating the equivalent of 54 loads for about 20 minutes per batch each batch contains 12 bales of 250 kg cellulose. Cellulose was stored in a storage tower and refined in disc refiners, to promote the refining and fibrillation of the cellulose fibers, the refined cellulose was mixed with mechanical pulp, ready-mixed refuse, recovered mass and starch, fixed products composing the Paper revenue. The objective of this work was to evaluate the physical strength characteristics of the pulp fiber in the 38 g / m² papermaking process. It was concluded that in the samples collected at the refiner's exit, the European pulp presented better results of physical resistance compared to brazil cellulose, but the results of physical resistance of the base paper did not present significant difference. It should be noted that it is necessary to evaluate the possible changes of this new cellulose can cause in the final product so that the established quality parameters remain within the stipulated standard. It is thus possible to carry out tests on a larger scale and on other types of papers.

Keywords: Manufacture of paper. Kraft. Operational quality.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – TRAÇÃO	27
GRÁFICO 2 – CORRELAÇÃO TRAÇÃO X CSF	27
GRÁFICO 3 - RASGO	28
GRÁFICO 4 – CORRELAÇÃO RASGO X CSF	28
GRÁFICO 5 - ESTOURO.....	29
GRÁFICO 6 – CORRELAÇÃO ESTOURO X CSF	29

LISTA DE TABELAS E QUADROS

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO DO PAPEL	25
TABELA 2 - TESTE DA CELULOSE BRASIL NO PAPEL BASE 38 GRAMAS.....	30
TABELA 3 - TESTE DA CELULOSE PINECEL NO PAPEL BASE 38 GRAMAS.....	31
QUADRO 1 - TESTE DA CELULOSE COLETADA NA SAÍDA DO RD03.....	26
QUADRO 2 – CLASSIFICAÇÃO DAS CELULOSES EM RELAÇÃO AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Justificativa	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo geral	13
1.2.2 Objetivos específicos	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 O PAPEL E CELULOSE NO MUNDO E NO BRASIL	14
2.2 PRODUÇÃO DE CELULOSE	14
2.3 PRODUÇÃO DE PAPEL	15
2.3.1 Cozimento	15
2.3.2 Branqueamento	15
2.4 PRODUÇÃO DE PAPEL	16
2.4.1 Fabricação de pasta termomecânica	16
2.4.2 Formação da folha	17
2.4.3 Prensagem da folha	18
2.4.4 Secagem da folha	18
2.4.5 Acabamento	18
2.5 VARIÁVEIS QUE INTERFEREM NA PRODUÇÃO DE PAPEL	19
3 MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	21
3.2 COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS	21
4 RESULTADOS OBTIDOS	26
5 CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva de celulose e papel é de grande importância na economia brasileira devido ao impacto significativo que a mesma exerce sobre inúmeras outras cadeias produtivas. Esta cadeia se destaca por suas fábricas modernizadas, pela qualificação de profissionais, florestas altamente produtivas e a um trabalho que respeita os critérios de sustentabilidade. Ela é composta, basicamente, pela produção e extração da madeira, fabricação da celulose e fabricação do papel.

As variações ao longo do processo produtivo da fabricação de papel visando à busca e o aperfeiçoamento da qualidade na obtenção do produto final, seguindo os critérios de aumento do volume de produção e respeitando as exigências ambientais, tem se tornado um processo cada vez mais intenso pelas indústrias de celulose e papel, visto que as exigências do mercado consumidor também vem sendo intolerantes aos produtos de baixa qualidade.

Há alguns anos atrás os clientes do mercado papelero não buscavam o conhecimento sobre suas matérias primas, atualmente o cenário torna-se diferente, os clientes conhecem os produtos que estão adquirindo, isso faz com que as empresas forcem cada vez mais a qualidade do seu produto final, desta forma as indústrias vem buscando desenvolver produtos que melhor se adequem ao seu processo visando um maior aperfeiçoamento do seu produto final.

1.1 JUSTIFICATIVA

Durante o processo de produção ocorre a necessidade de aumentar a resistência física do papel, isso se faz necessário devido à alta demanda de produção proporcionado pela alta velocidade da máquina e baixa gramatura do papel, esse incremento da resistência física é obtido através da celulose fibra longa, que por sua vez aumenta o entrelaçamento das fibras com fibras durante o processo de formação da folha.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o comportamento da celulose fibra longa nas características de resistência física no processo de fabricação de papel de 38 g/m².

1.2.2 Objetivos específicos

- Variar o grau de refinação (CSF) da celulose para verificar as mudanças na resistência física do papel.
- Comparar com dados obtidos a partir da celulose em desenvolvimento com a celulose utilizada atualmente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O PAPEL E CELULOSE NO MUNDO E NO BRASIL

Montebello e Bacha (2011) Denomina se setor de celulose e papel o conjunto formado pelas seguintes indústrias: de celulose, de papeis e artefatos de papeis, essas três indústrias em conjunto e mais as florestas, a indústria de editoração e gráficas e ainda os seguimentos distribuidores vinculados àquelas indústrias constituem a cadeia produtiva de celulose e papel.

Montebello e Bacha (2011) Afirma que o setor de celulose e papel tem grande importância nas linhas de exportações brasileiras, sendo que nos últimos anos, esse setor intensificou as operações de comércio exterior aumentando a demanda e conquistando novos mercados.

Soares e Silva (2009) ressalta que o segmento de celulose e papel no Brasil apresenta grande potencial de crescimento, pois as empresas são competitivas e eficientes. Essa competitividade se deve à grande demanda de celulose e também alta produtividade dos reflorestamentos, em razão das condições climáticas favoráveis à atividade florestal no país, possibilitando ciclos de crescimento rápido e de alta qualidade.

2.2 PRODUÇÃO DE CELULOSE

2.2.2 Aplicações

Íba (2015) ressalta que a celulose de fibra longa, tem como origem as espécies coníferas como o Pinus. É uma árvore cultivada em larga escala na região Sul do Brasil, possui um comprimento de fibra entre dois e cinco milímetros, É utilizada na fabricação de papéis que demandam mais resistência, como na fabricação de papel imprensa, embalagens, e nas camadas internas do papel cartão, além do papel jornal.

A celulose é um polissacarídeo de cadeia linear similar ao açúcar, é a principal estrutura que compõem a parede da planta, a celulose juntamente com a lignina e as resinas e os minerais, conhecidos como compostos orgânicos constituem a madeira em cerca de 50%, o agrupamento das moléculas é formado pela lignina. (CMPC, 2017)

2.3PRODUÇÃO DE CELULOSE

2.3.1 Cozimento

De acordo com Castro (2009) o cozimento ou digestão da madeira se processa em vasos de pressão, conhecidos como cozedor ou digestor, podendo ser efetuado, em regime de batelada (descontínuo) ou contínuo. No processo de cozimento descontínuo, o aquecimento é realizado de acordo, com um programa pré-determinado, no qual, a temperatura é elevada gradualmente, durante 50 a 90 min, até atingir um determinado valor (geralmente 170 °C), sendo mantido durante um certo período de tempo. No processo contínuo, os cavacos e o licor são alimentados continuamente no digestor e atravessam zonas de temperaturas crescentes, até atingir a zona de cozimento, onde a temperatura é mantida constante. O período de tempo é determinado pelo tempo que os cavacos atravessam a zona, até serem descarregados continuamente do digestor.

2.3.2 Branqueamento

Castro (2009) defende que o branqueamento é conhecido como uma fase de purificação da celulose, pois dependendo do grau de cozimento a pasta ainda pode conter até 5% de lignina. O teor de lignina presente é responsável pela tonalidade da polpa, que pode variar do marrom ao cinza. Esta remoção da lignina é necessária não somente para que haja 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 promover 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 dependendo do nível de aplicação de reagentes de branqueamento em etapas sucessivas, com lavagens intermediárias.

2.4 PRODUÇÃO DE PAPEL

2.4.1 Fabricação de pasta termomecânica

Esta seção utilizou como referência o manual de treinamento de operador de sala de fibras e utilidades. (MANUAL DE OPERAÇÃO DA EMPRESA EM ESTUDO, 2015).

No processo de polpação (*TMP*), em uma indústria de Papeis toras são cortadas na floresta na dimensão 3 metros de comprimento e de 8 a 40 centímetros de diâmetro (dimensões solicitadas pela indústria), utilizando *Pinus sp* e *Eucalypto sp*. Essas toras são transportadas até o pátio de madeira, no local de armazenamento, as toras são conduzidas até o descascador de tambor que através do atrito toras com toras, as cascas são removidas e direcionadas para aquecimento na caldeira. As toras descascadas são picadas transformando-se em cavacos, estes passam por peneiras de classificação, com o objetivo de selecionar os cavacos em tamanhos homogêneos e seguem para armazenamento no silo de processo.

Os cavacos são submetidos à lavagem retirando todas as impurezas como areia e metais. Após serem lavados passam pela etapa de impregnação, processo pelo qual os cavacos são submetidos à compressão através de pistão para facilitar o desprendimento do licor das fibras. Os cavacos já impregnados passam pelo digestor onde recebem vapor dos refinadores na temperatura média de 125 graus e pressão de 120 Kpa, onde ocorrerá o amolecimento das fibras junto ao material resinoso. Esses cavacos passam pelo primeiro estágio de refinação onde através do contato fibra com fibra e em contato com o segmento ocorre o desprendimento das fibras ou fibra refinada.

Na pasta refinada, devido à ação mecânica, ocorre o enrolamento da fibra então, esta pasta é diluída com água quente no processo e armazenada em tanque, este processo deve ser feito para que ocorra o relaxamento e a fibrilação interna das

fibras.

A depuração da pasta consiste na separação do aceite e do rejeito das fibras através de depuradores de cesto rotativo pressurizado, a depuração deve ser feita devido à formação de feixes de fibra que não foram totalmente refinadas, estes feixes são indesejáveis para a fabricação de papel. Os aceites são formados por fibras que possuem qualidade, o rejeito é formado por fibras que não possui qualidade suficiente e necessitam passar pelo refinador de rejeito para que ocorra a separação dos feixes de fibra, assim, retornando para a linha de depuração para serem reclassificadas até se tornar aceite.

O filtro engrossador é a próxima etapa após a depuração, o aceite sai do depurador em uma consistência de 1,2% seca, isso significa que possui 98,8% de água em sua constituição. Esta pasta passa por um filtro engrossador e tem como resultado a pasta 10% seca, este engrossamento é necessário para o armazenamento da pasta para o branqueamento.

Devido à presença de lignina e extrativos na fibra, a transformação destes agentes é feita através de agentes oxidantes tornando a pasta desejável para o consumo, com alvura requerida pela maquina de papel, conforme tipo de papel que se deseja fabricar.

No branqueamento a alvura é aumentada ao nível desejado e isto se faz utilizando peróxido de hidrogênio em meio alcalino a 39% de concentração que atua como alvejante da pasta. O hidróxido de sódio a 50% corrige o pH para o branqueamento e o silicato de sódio a 34% estabiliza o peróxido e age como tampão, com um tempo de residência no tanque de 2 a 3 horas.

O branqueamento gera algumas substâncias orgânicas que são removidas na lavagem da pasta. Após o branqueamento esta pasta é armazenada na torre de estocagem.

A pasta branqueada passa pela ultima etapa de refinação onde receberá o grau de refino das fibras, esta etapa do processo contribui para formação da resistência física do papel.

2.4.2 Formação da folha

A folha origina-se da suspensão fibrosa em baixa consistência sobre uma tela fina, onde se remove mais de 95% de água, estas fibras se unem umas as outras ganhando resistência. (ANDRONI, 2009).

Para a formação da folha, as máquinas utilizadas, podem ser de mesa plana ou de tambor, na mesa plana a drenagem da água é feita por uma tela na parte inferior, onde ocorre o escoamento da água então a tira de folha é conduzida até uma série de prensas e por compressão reduzem ainda mais o teor de umidade, a tira de folha passa por cilindros aquecidos eliminando a água residual. (CAMARA, 2003).

2.4.3 Prensagem da folha

A prensagem é o processo onde a folha passa entre dois feltros e dois rolos de sucção com nip largo, estes rolos podem conter até quatro nips ou quatro conjuntos de prensagem, a pressão exercida entre estes rolos sobre a folha, ocorre à remoção parcial da água. (CHERUBIN *et al* 2014).

Androni (2009) afirma que a prensagem no processo de fabricação do papel é a etapa de remoção máxima da água contida na folha antes de submeter à secagem da folha e a qualidade desta remoção de água está ligada a qualidade da prensa do feltro e também das variáveis operacionais.

2.4.4 Secagem da folha

De acordo com Cherubini *et al* (2014) a secagem é o processo de remoção da água contida na folha por meio de cilindros rotativos com alta temperatura, essa secagem é realizada por meio do condensado do vapor nos cilindros secadores, fornecendo calor latente.

Já Androni (2009) ressalta que o setor de secagem é a etapa mais difícil do processo, pois a água que se encontrava na superfície da fibra já foi totalmente retirada na prensagem, restando somente a água no interior da fibra, sendo esse setor responsável por retirar somente 0,6% da água por evaporação.

2.4.5 Acabamento

Androni (2009) afirma que o sistema de acabamento é a fase final do processo de fabricação, onde o papel é enrolado em rolos jumbos após ser submetido à seção de secagem da máquina de papel, sendo as etapas subsequentes embalagem, armazenamento e expedição, nas quais as bobinas serão apenas submetidas a manuseios. As etapas finais do processo são de grande importância para a determinação da qualidade do produto final.

2.5 VARIÁVEIS QUE INTERFEREM NA PRODUÇÃO DE PAPEL

Existem algumas variáveis que influem diretamente nas propriedades do papel durante o processo de produção, dessas incluem o tipo de fibra, o processo de cozimento e o grau de ligação entre fibras. A comercialização do papel tem como base em uma nomenclatura e procedimentos e ensaio que garantem a qualidade do papel, em cada tipo de produto fabricado, Sendo as principais propriedades avaliadas em papéis são efetuados através dos ensaios físicos. (BITTENCOURT, 2004).

As propriedades físicas mecânicas e de resistência que interferem diretamente na produção e na qualidade do papel: gramatura, resistência à tração, resistência ao rasgo, porosidade; propriedades ópticas: alvura, brancura, brilho, cor.

De acordo com Bittencourt (2004) a gramatura é a principal variável que interfere na compra e venda de papel, e também afeta muitas propriedades do papel, incluído as físicas mecânicas e ópticas, devido a isso se costuma referir algumas propriedades em relação à gramatura confeccionada.

Bittencourt (2004) relata que a resistência à tração pode ser definida como a resistência aplicada na longitudinal ou transversal até o rompimento do papel, é controlada por fatores como a resistência individual das fibras, o comprimento médio das fibras, Fibras longas aumentam a resistência à tração do papel até certo limite.

Bittencourt (2004) defende que a resistência ao rasgo é o trabalho total necessário para o rasgamento completo da folha do papel, a uma distância fixada, depois de o rasgo ter sido iniciado, a medida é expressa em milinewton ou grama-força.

Klock (2013) afirma que a resistência ao estouro é definida como a pressão necessária para produzir o arrebentamento do material, ao se aplicar uma pressão uniformemente crescente, transmitida por um diafragma elástico, de área circular.

Bittencourt (2004) diz que o papel é um material altamente poroso comparado a outros tipos de materiais, como os plásticos e os metais. As fibras, ligantes, cargas minerais e camada ocupam apenas parte do volume total.

A alvura é um dos requisitos do produto impresso é que exista contraste suficiente entre a imagem entintada e o papel. Papel branco proporciona maior contraste com tinta preta do que papéis coloridos.

Os termos alvura e brancura são usados como sinônimos, gerando grande confusão, uma vez que ambos têm definição distinta. Brancura significa a propriedade de refletir por igual os comprimentos de onda dominantes do espectro visível; alvura é a refletância relativa num determinado comprimento de onda padrão (457 nm).

Considerando três diferentes papéis, cujas refletâncias são ilustradas na tabela ao lado, fica fácil demonstrar que: o papel A é o mais branco visto que reflete de maneira equilibrada nas três zonas do espectro visível; o papel B é o mais alvo devido à maior reflexão na região do azul, portanto é branco azulado ou "branco frio"; o papel C reflete maior quantidade total de luz, porém é amarelado ou "branco quente". O papel B produzirá azuis mais contrastados, enquanto o papel C favorecerá os amarelos, laranjas e vermelhos (ROSSI, p.01 2005).

De acordo com Rossi (2005) a cor do papel é o resultado da absorção de luz de determinados comprimentos de onda na escala manométrica na estrutura do papel. Quando é adicionados anilinas ou pigmentos ao papel, promovem absorção de luz de comprimento de onda específico.

Esta combinação dos comprimentos de onda refletidos pelo papel mais os comprimentos de onda refletidos pela tinta determina a cor final do papel impresso,

Rossi (2005) enfatiza que o brilho é o efeito dereluzenciado papel que o torna lustroso, este efeito é proporcionado por meio de calandragem do papel, através da pressão e temperatura dos rolos por onde passa o papel, ocorrendo o nivelamento ótico superficial.

3MATERIAIS E MÉTODOS

O teste industrial da celulose fibra longa foi realizado em uma Indústria de Papel no dia 08 de agosto de 2016. Tal empresa utiliza como principais matérias-primas a celulose branqueada e apasta termomecânica advinda de toras de pinus e eucalipto, sendo a receita de dosagem de pasta 50% de cada tipo de madeira, o que pode variar dependendo das características desejadas ao tipo de papel a ser fabricado.

A celulose branqueada corresponde a cerca de 27% da receita de matéria florestal utilizada na composição do papel, sendo sua principal função garantir a resistência física do papel e também melhorar o andamento da máquina durante a fabricação do papel.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Quanto aos procedimentos esta pesquisa caracteriza-se por ser experimental, pois, conforme Gil (2002) fundamenta-se em expor os objetos de estudo à influência de variáveis, em condições controladas e conhecidas pelo pesquisador, para observar os resultados que a variável produz no objeto. Quanto à natureza trata-se de pesquisa aplicada, com o intuito de gerar conhecimentos para aplicação prática direcionada à solução de problemas específicos e exploratória, possui flexibilidade de planejamento, permitindo o estudo do tema através de vários ângulos e aspectos. (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Em relação aos objetivos, trata-se de pesquisa descritiva que tem utilidade para relatar características de um fenômeno específico. E pesquisa exploratória, com intuito de aprofundar o conhecimento da realidade analisada. (GIL, 2002)

3.2 COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS

A Celulose brasil, estocada (figura 1), com o auxílio de uma empilhadeira foram sobrepostas a celulose na esteira transportadora (figura 2) e submetidas a uma desagregação e hidratação da celulose durante 20 minutos, por batelada, (figura 3) cada batelada é composta por 12 fardos de 250 quilos, compondo um total de 54 cargas, após a hidratação a celulose passou por um processo de refinação

(figura 4) refinação necessária para formar as pontes de ligação das fibras, formando a resistência do papel, essa celulose refinada foi estocada na torre conforme a figura 5, e encaminhada para a formação da composição do papel



Figura 1- Estocagem da Celulose
Fonte: O autor (2017)



Figura 2- Correia transportadora de Celulose
Fonte: O autor(2017)



Figura 3 - Desagregador de Celulose
Fonte: O autor(2017)



Figura 4 - Refinador de Celulose
Fonte: O autor (2017)



Figura 5 - Torre de Estocagem Figura 5 –
Fonte: O autor (2017)



Figura 6 - Bobinas de Papel
Fonte: O autor (2017)

Tabela 1 - Composição do papel

Amido	Celulose	Pasta Mec.	Refugo	Massa Rec.
6,50%	27%	29%	35%	9%

Fonte: O autor (2017)

Foi iniciada a desagregação da celulose às 00h do dia 08 de agosto de 2016, com início as 08h da manhã com 100% na máquina de papel, para a avaliação da qualidade da celulose foram coletadas amostras na saída do refinador (figura 4) para a realização de folhas de laboratório para medir as características físicas d celulose.

O teste foi realizado na fabricação do papel base 38 gramas, consumindo um total de 150 toneladas de celulose, produzindo um total de 500 toneladas de papel.

Para a avaliação da qualidade do papel base foram coletadas duas amostras em corpo de prova em 40 toneladas, e mesuradas em laboratório.

4 RESULTADOS OBTIDOS

Para a avaliação da qualidade, foi realizado um comparativo das características de resistência física da celulose Europeia, já homologadas pela empresa em um dia anterior ao teste oficial com a celulose Brasil, com as mesmas características de avaliação e mesma receita e papel fabricado.

	Cel. Europeia						Celulose Brasil			
	08:00	10:00	10:40	11:02	14:04	14:40	08:00	10:30	11:20	13:00
Tração	66,7	68,6	66,6	74,5	72,7	68,5	63,1	58,4	65,5	71
Rasgo	19,18	17,43	16,39	15,39	14,52	17,73	17,21	13,35	14,27	14,55
Estouro	5,76	5,22	5,17	5,45	5,25	5,38	4,76	5,37	5,09	5,1
Porosidade	128	179	74	44	34	152	176	142	410	72
CSF	398	317	392	220	258	367	367	312	442	244
CS	5,04	5,9	5,85	5,7	5,2	5,64	4,4	4,33	4,33	4,4
Comp. Fibra	2,149	2,086	2,058	2,038	1,934	2,072	2,241	2,221	2,341	2,247
Finos	<u>5,1</u>	<u>5,5</u>	<u>6,1</u>	<u>6,4</u>	<u>6,5</u>	<u>5,7</u>	7,3	7,2	6,1	6,7

Quadro 1 - Teste da celulose coletada na saída do RD03.

Fonte: O autor (2016)

Este teste foi realizado com o intuito de verificar o comportamento da celulose Brasil no processo, analisando a variação de CSF e conseqüentemente a variação da resistência física.

Os gráficos a seguir são referentes ao comparativo dos testes físicos da celulose coletada na saída do Refinador, em paralelo foi feito uma correlação dos testes de resistência a tração, rasgo, estouro e porosidade com o grau de refinação da fibra (CSF).

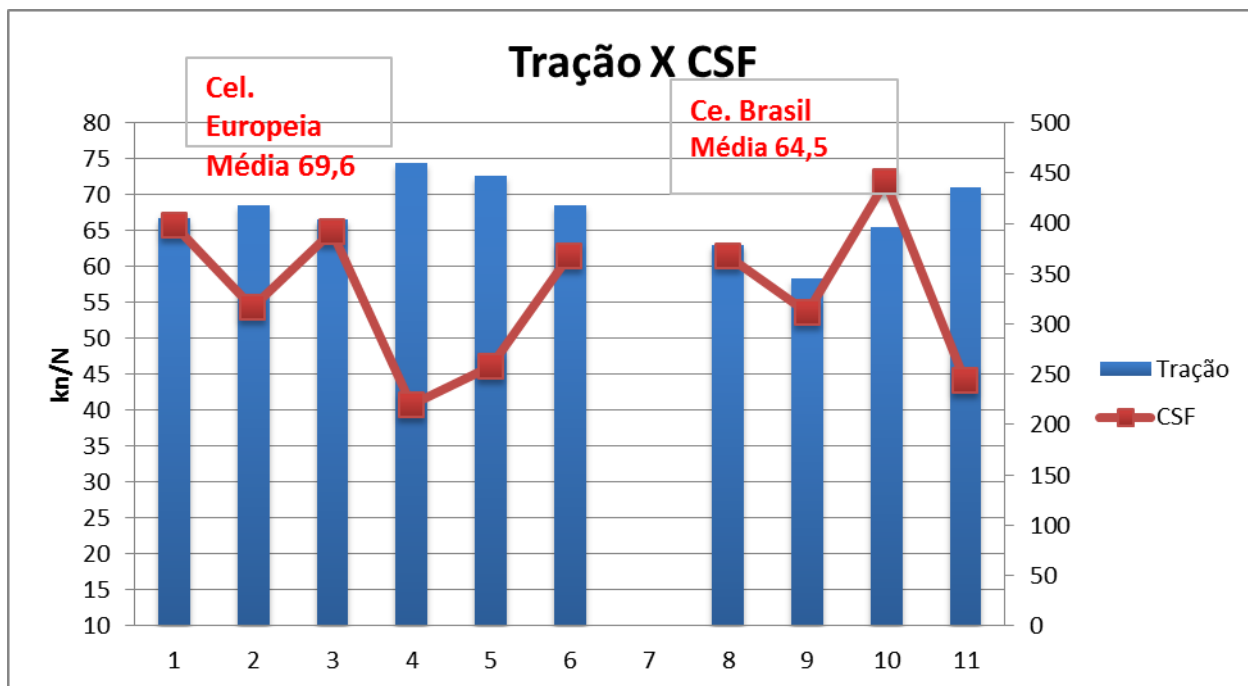


Gráfico 1–Tração
 Fonte: O autor (2016)

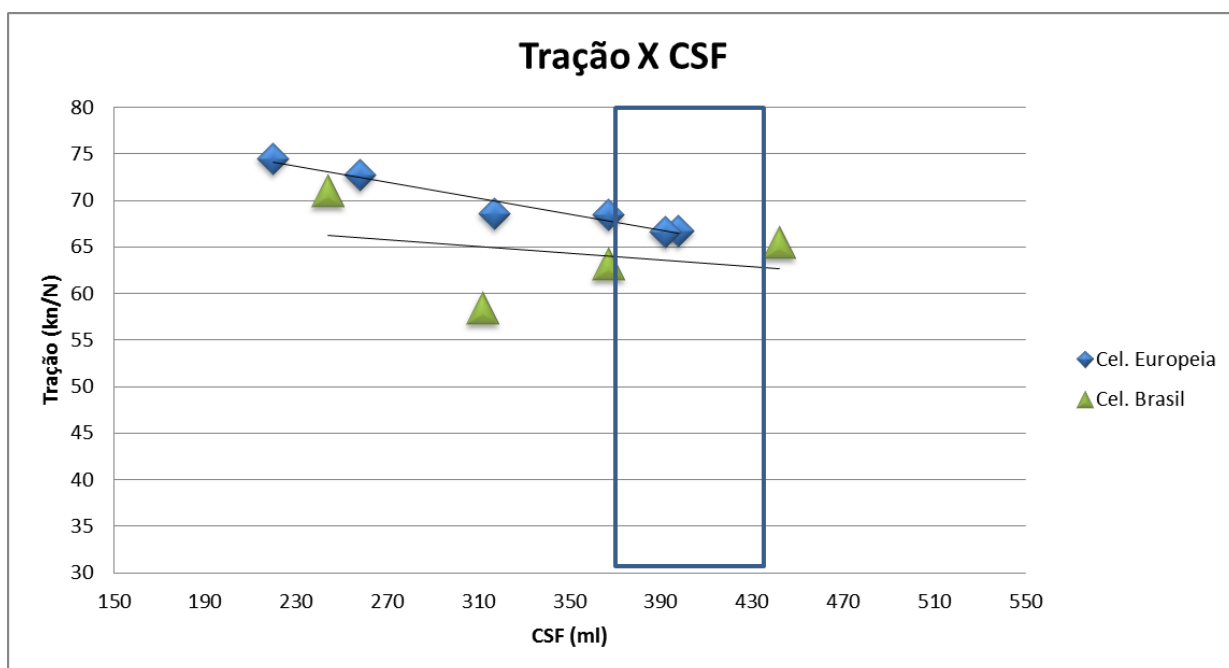


Gráfico 2 – Correlação Tração X CSF
 Fonte: O autor (2016)

A resistência à tração da celulose brasil mostra valores inferiores em relação à celulose, nas mesmas condições de refino.

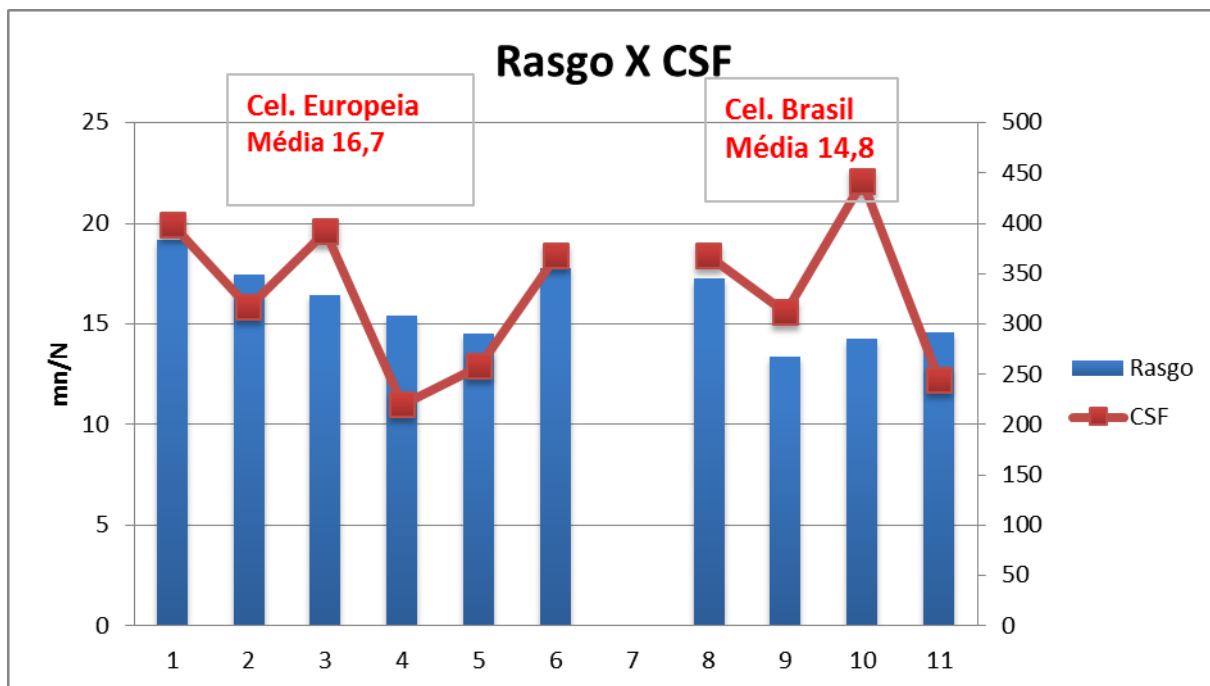


Gráfico 3 - Rasgo
 Fonte: O autor (2016)

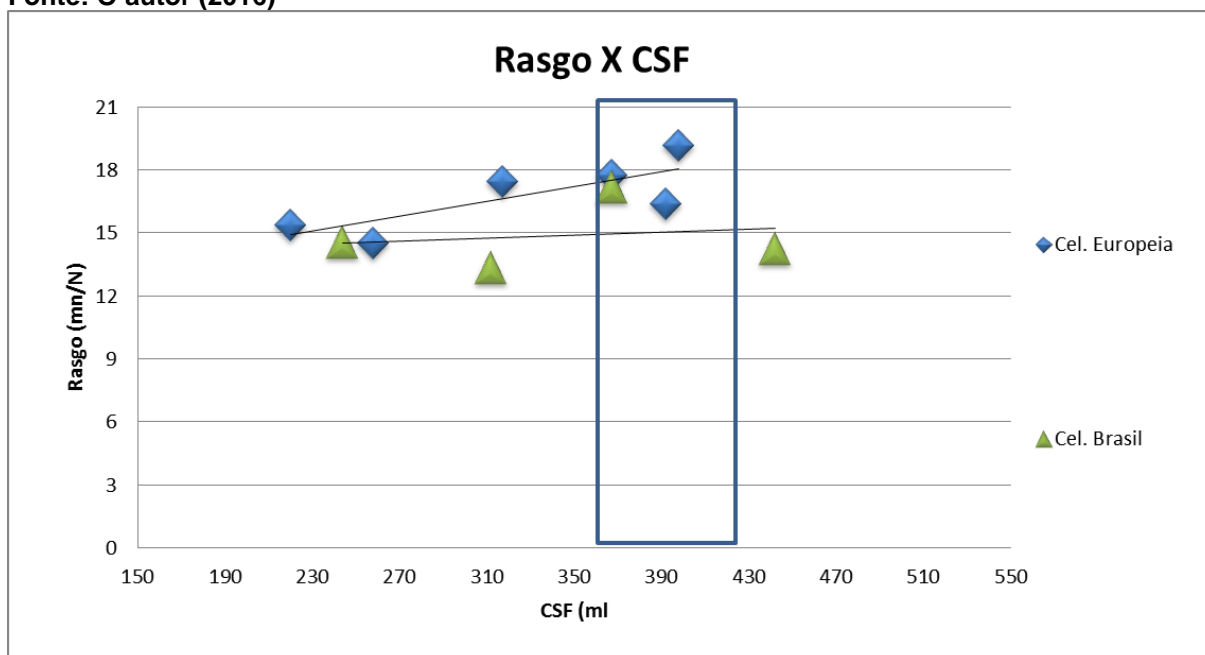


Gráfico 4 - Correlação Rasgo x CSF
 Fonte: O autor (2016)

De acordo com o gráfico 4 a celulose brasil mostra uma tendência linear a resistência ao rasgo, quanto a celulose mostra uma tendência crescente quando submetida a uma maior intensidade de refino.

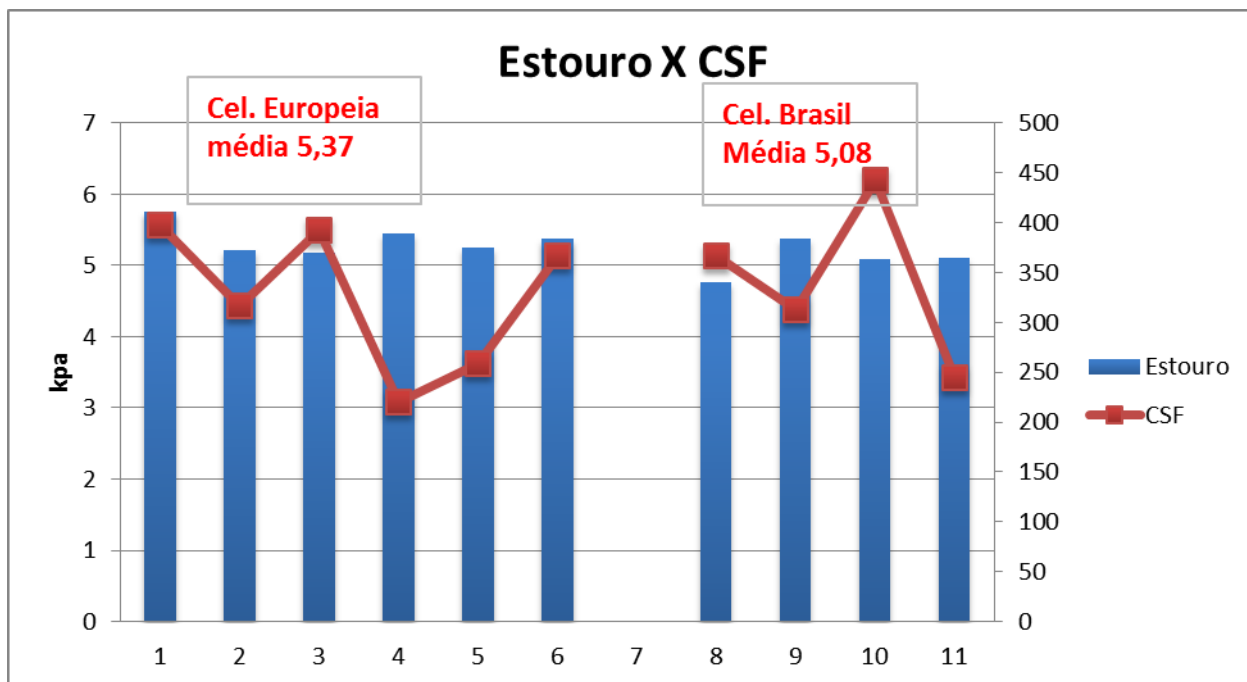


Gráfico 5 - Estouro
 Fonte: O autor (2016)

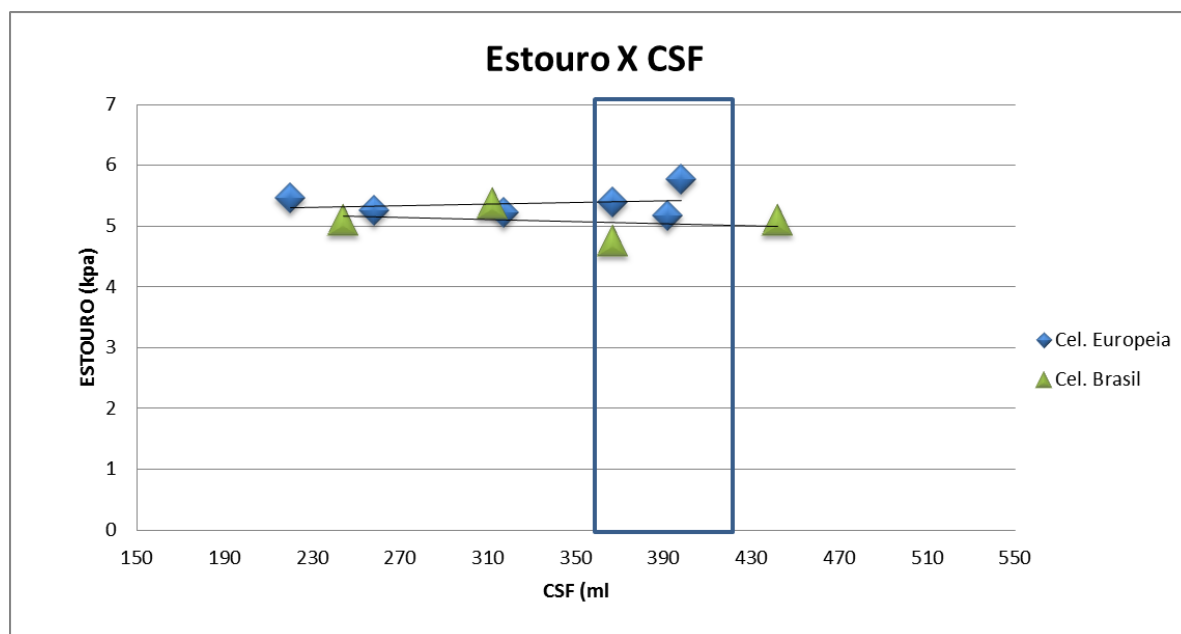


Gráfico 6 – Correlação Estouro x CSF
 Fonte: O autor (2016)

A tendência da resistência ao estouro também mostrou valores inferiores em relação à celulose Europeia.

Os testes das celulosas foram feitos em diferentes níveis de refino, onde obteve um comportamento similar de grau de refino (CSF) nas duas celulosas avaliadas, porém a celulose brasil apresentou resultados de resistência física como tração, rasgo estouro, inferior à celulose Europeia nas mesmas condições de refino, esse detalhe é observado nos gráficos 2, 4, 6 referente a análise de correlação entre as duas celulosas.

De acordo com a correlação dos testes físicos X CSF, podemos classificar da seguinte forma:

	Tração	Rasgo	Estouro
Cel. Europeia	1°	1°	1°
Cel. Brasil	2°	2°	2°

Quadro 2– Classificação das celulosas em relação às características físicas
Fonte: O autor (2016)

A celulose europeia mostra um melhor comportamento dos testes físicos em relação à celulose brasil.

Foram avaliadas as características físicas do papel base 38 gramas com a celulose Europeia e da celulose do Brasil

Teste 1 – Comparativo das características físicas e óticas do papel base 38 gramas.

Tabela 2 - Teste da Celulose europeia no papel base 38 gramas.

	Cel. Europeia	Cel. Brasil	%
Gramatura	37,6	37,61	0,0
Alvura Sup.	76,18	76,43	0,3
Opacidade	81,75	81,16	-0,7
Espessura	59,29	58,98	-0,5
Umidade Lab.	4,19	4,15	-1,0
Cinza Lab.	8,92	8,83	-1,0
Porosidade	128,59	130,88	1,7
Estouro	94,07	93,14	-1,0
Tração Long.	3,18	3,17	-0,3
Tração Trans.	0,69	0,71	2,8
Rasgo Long.	194,25	194,68	0,2
Rasgo Trans.	343,76	343,17	-0,2
Brancura Sup.	64,16	63,95	-0,3
L*	90,58	90,73	0,2
a* Sup.	0,03	0,03	0,0
b* Sup.	2,01	2,07	2,9

Fonte - O autor (2016)

No teste 1 foi verificado que com celulose Brasil no papel base 38 gramas na resistência a tração transversal em relação à celulose Europeia.

Teste 2 – Comparativo das características físicas e óticas do papel base 38 gramas.

Tabela 3 - Teste da Celulose Brasil no papel base 38 gramas.

	Cel. Europeia	Cel. Brasil	%
Gramatura	38,92	39,19	0,7
Alvura Sup.	74,98	74,28	-0,9
Opacidade	81,93	84,78	3,4
Espessura	65,3	65,84	0,8
Umidade Lab.	4,23	4,24	0,2
Cinza Lab.	8,28	8,81	6,0
Porosidade	165,63	164,84	-0,5
Estouro	89,4	90,09	0,8
Tração Long.	3,14	3,13	-0,3
Tração Trans.	0,77	0,78	1,3
Rasgo Long.	168,66	177,73	5,1
Rasgo Trans.	304,17	304,41	0,1
L*	89,94	89,67	-0,3
a* Sup.	-0,01	-0,01	0,0
b* Sup.	1,99	1,98	-0,5
Brancura Sup.	62,99	63,43	0,7

Fonte: O autor (2016)

No teste 2, realizado com o papel base 38 gramas, não obtiveram diferença significativa.

Para a avaliação da celulose em desenvolvimento (Europeia) foi realizado um comparativo das características de resistência física da celulose Europeia, já homologadas pela empresa, em ambas as celuloses foram comparadas com as mesmas características de avaliação e mesma receita e papel fabricado.

De acordo com os resultados levantados e através das análises de correlação a celulose fibra longa Brasil apresentou uma redução de 8,3% em tração, 11,3% em rasgo e 5,4% em estouro e também foi mensurado o comprimento da fibra onde apresentou 2,350mm da Celulose Europeia e 1,368mm da celulose Brasil, comprimento ideal para a fabricação de papel, já analisando as características físicas no papel fabricado de 38 g/m², foi possível identificar que não houve diferença significativa nas características de resistência física entre as duas celuloses analisadas.

5 CONCLUSÃO

Com base na pesquisa realizada percebe-se a importância que a celulose fibra longa possui na qualidade do papel fabricado, com o intuito de melhorar o andamento de máquina e as características de resistência física do papel.

Em termos de produtividade, sendo um campo muito abrangente, uma vez que estando relacionadas às características da matéria prima quanto às variações ao longo do processo. Para evitar as variações ao longo do teste, ambas as celulosas foram comparadas nas mesmas condições metodológicas e analíticas.

Durante o estudo notou-se que nas amostras coletadas da saída do refinador com ambas as celulosas, foi possível concluir que a celulose europeia apresentou melhor comportamento na resistência física em relação à celulose Cel. Brasil, porém, após a fabricação do papel base 38g em máquina, não obtiveram diferença significativa.

Com base nos resultados deste estudo pode-se considerar que utilização da celulose cel. Brasil no processo de fabricação de papel 38g/m² apresentou-se tecnicamente viável, apresentando a qualidade necessária para sua utilização, sem modificações negativas significativas no papel.

A continuidade deste estudo torna-se essencial à medida que a substituição da celulose europeia faz-se cada vez mais necessária, visto à situação do mercado atual frente à crise financeira a qual o país atravessa. Ademais, a celulose é de fabricação nacional, é produzida a 150 Km da fábrica objeto deste estudo, o que torna sua logística mais atraente do ponto de vista econômico e do pronto abastecimento.

Cabe ressaltar que é necessário avaliar as possíveis alterações desta nova celulose pode causar no produto final para que os parâmetros de qualidade estabelecidos mantenham-se dentro do padrão estipulado. Sendo possível assim, a realização de testes em maior escala e em outros tipos de papéis.

REFERÊNCIAS

- ANDRONI, J.LUIZ. **Fabricação de Papel** – Formação de folha. Curitiba, 2006. 316p.
- BITTENCOURT, E. **Parâmetros de otimização de fabricação de celulose e papel**. Curitiba.2004.
- Manual de operação da empresemestudo, 2015**. Ed. 01 [2015].
- CASTRO. H. F. **Papel e Celulose**. Processos Químicos Industriais II. Apostila 4. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de Lorena – EEL. 2009.
- CELULOSE RIO GRANDENSE - CMPC. **Celulose. – Guaíba**. Disponível em <http://www.celuloseriograndense.com.br/produtos>. Acesso em 03 mar. 2017.
- CHERUBIN, J.M.(Coord.) *et al.* **Papel**.Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial São Paulo. SENAI - SP 2014. 436p.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2002.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBA. **Celulose. 2015. Disponível em** <http://iba.org/pt/produtos/celulose>. Acesso em 03 mar. 2017.
- JORDÃO, M. C. **Pitch na indústria de celulose e papel**. – Instituto de pesquisas tecnológicas, 1991.
- KRONKA, F. J. N.; BERTOLANI, F. PONCE, R. H.; A cultura do *Pinus* no Brasil. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005.
- LORENZI, H. *et al.* **Arvores exóticas no Brasil: madeiras ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2003. 368p.
- MONTEBELLO, A. E. S.; BACHA, C. J. C. O setor de celulose e papelna economia brasileira. 2011.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C de. **Metodologia e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- ROSSI, S. Propriedades do papel impressão. 2005.
- SOARES, N. S.; SILVA, M. L. **Competitividade da cadeia produtiva da celulose no Brasil**. Apresentação oral – Economia e Gestão no Agronegócio. Universidade Federal de Viçosa. MG. 2009.

