

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

AUGUSTO RIBAS PANGRACIO

TAQUARA-LIXA (*Merostachys skvortzovii* SENDULSKY) E BAMBU-
DOURADO (*Phyllostachys aurea* (CARRIÈRE) RIVIÈRE ET C. RIVIÈRE)
COMO MATÉRIA PARA PRODUÇÃO DE POLPA CELULÓSICA

CURITIBA

2019

AUGUSTO RIBAS PANGRACIO

TAQUARA-LIXA (*Merostachys skvortzovii* SENDULSKY) E BAMBU-
DOURADO (*Phyllostachys aurea* (CARRIÈRE) RIVIÈRE ET C. RIVIÈRE)
COMO MATÉRIA PARA PRODUÇÃO DE POLPA CELULÓSICA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia
Florestal, Setor de Ciências Agrárias,
Universidade Federal do Paraná, como
requisito para a conclusão da disciplina
ENGF006 e requisito parcial para obtenção
do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof.Dr. Alan Sulato de Andrade
Co-orientador: Prof. Dr. Umberto Klock
Co-orientadora: Marcela Guiotoku

CURITIBA

2019

TERMO DE APROVAÇÃO

AUGUSTO RIBAS PANGRACIO

TAQUARA-LIXA (*Merostachys skvortzovii* SENDULSKY) E BAMBU-
DOURADO (*Phyllostachys aurea* (CARRIÈRE) RIVIÈRE ET C. RIVIÈRE)
COMO MATÉRIA PARA PRODUÇÃO DE POLPA CELULÓSICA

Trabalho de Conclusão de Curso aprovada como requisito à obtenção do título de Engenheiro Florestal, Curso de Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Alan Sulato de Andrade
Orientador – Departamento de Engenharia Tecnologia Florestal – UFPR

Marcela Guiotoku
Avaliador/Co-orientador – Pesquisadora: Embrapa Florestas

Prof. Alessandro Camargo Angelo
Avaliador - Departamento de Ciências Florestais

Curitiba, _____

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Florestas que proporcionou ambiente criativo e amigável

A Universidade Federal do Paraná pela oportunidade de fazer o curso de engenharia Florestal.

Aos Professores Umberto Klock e Alan Sulato de Andrade pela orientação, apoio e confiança.

Aos meus orientadores, Marcela Guiotoku e Fabrício Augusto Hansel da Embrapa Florestas, pelas horas de dedicação, por todo conhecimento compartilhado e o carinho na elaboração deste trabalho

A todos meus amigos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

A minha família pelo apoio e esforço que me alentaram para que eu estivesse alcançado meus objetivos até hoje.

Ao longo de todo meu percurso eu tive o privilégio de trabalhar de perto com Maria Izabel Radomski (in memoriam) que tanto me inspirou pela sua força e determinação, serei eternamente grato.

RESUMO

O Brasil é o quarto colocado na produção de celulose no mundo e levando em consideração que sua demanda vem aumentando com o passar dos anos, a procura por novas alternativas é uma tendência. Foram avaliadas duas espécies de bambu como matéria prima incomum para suprir a produção de celulose não branqueada. Por possuírem ótimo enraizamento, baixa exigência a qualidade do solo, rápido crescimento e potencial diversificado de uso, as espécies de bambu podem se tornar uma alternativa sustentável. Mesmo o Brasil possuindo a maior biodiversidade de espécies de bambu (aproximadamente 258 espécies nativas) e clima propenso ainda há carência de estudos nessa área. Deste modo o presente estudo tem como objetivo o desenvolvimento do setor de polpa e papel como matéria prima alternativa. Demonstrando ser economicamente viável, ambientalmente sustentável e socialmente justo. Para o desenvolvimento de futuras pesquisas foram traçadas análises químico-físicas e ensaios de confecção de polpa não branqueada. As espécies estudadas foram *Merostachys skvortzovii*, *Phyllostachys aurea* e para metodologia de comparação foi escolhida a espécie *Pinus taeda*, utilizada industrialmente para a produção de papel de fibra longa. As análises demonstraram que não houve variância estatística entre os terços, superiores, médios e inferiores para as espécies de bambu. Ambas as espécies de bambu apresentaram condições químico-físicas favoráveis a produção de papel não branqueado, com aproximadamente 30% à menos da concentração de álcali ativo utilizada na produção convencional.

Palavras-chave: Bambu, Cromatografia, Celulose Kraft,

ABSTRACT

Brazil is the fourth largest pulp producer in the world and considering that its demand has been increasing over the years, the search for new alternatives is a trend. Two species of bamboo were evaluated as an unusual raw material to supply the production of unbleached pulp. Because they have great rooting, low demands on soil quality, rapid growth and diversified use potential, bamboo species can become a sustainable alternative. Even Brazil with the highest biodiversity of bamboo species (approximately 258 native species) and prone climate, there is still a lack of studies in this area. In this way, the present study aims to develop the pulp and paper sector as an alternative raw material. Demonstrating to be economically viable, environmentally sustainable and socially just. For the development of future research, chemical, physical and non-bleached pulping tests were drawn. The studied species were *Merostachys skvortzovii*, *Phyllostachys aurea* and for comparison methodology the *Pinus taeda* species, industrially used for the production of long fiber paper, was chosen. The analyzes showed that there was no statistical variance between the third, upper, middle and lower for bamboo species. Both bamboo species presented favorable chemical and physical conditions for the production of unbleached paper, with approximately 30% less than the concentration of active alkali used in conventional production.

Keywords: Bamboo, Chromatography, Kraft pulp,

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Local de coleta de <i>Phyllostachys aurea</i>	17
Figura 2 – Divisão do <i>M. skvortzovii</i> entre superiores, médios e inferiores na sequência.....	18
Figura 3 – Moinho de facas tipo Wiley, utilizado no processamento dos cavacos em partículas soltas (esquerda) e peneiras utilizadas (direita).....	18
Figura 4 – Amostras prontas para receberem o ácido sulfúrico(esquerda) e amostras em ebulição durante 4 horas(direita).....	20
Figura 5 – Filtragem da lignina insolúvel em ácido sulfúrico.....	21
Figura 6 – Amostras em banho maria.....	22
Figura 7 – Amostras prontas para a análise (esquerda), equipamento de cromatografia acoplado ao espectrômetro de massa (GC-MS).....	23
Figura 8 – Fotografia tirada pela câmera modelo AM422X.....	25
Figura 9 – Cavacos de bambu separados para o cozimento, <i>Merostachys skvortzovii</i> (esquerda) e <i>Phyllostachys aurea</i> (direita)	27
Figura 10 – Reator utilizado para o cozimento da polpa(esquerda) e desfibrador de discos tipo Bauher(direita).....	27
Figuras 11 – Composição dos carboidratos dissolvidos em hidrólise ácida.....	32
Figuras 12 – Densidade das três espécies em Kg/m ³	33
Figuras 13 – Curva de cozimento para produção de polpa.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação dos parâmetros de controle utilizados nos cozimentos experimentais.....	26
Tabela 2 – Porcentagem da composição química das espécies de bambu: <i>M. skvortzovii</i> (MS), <i>P. aurea</i> (PA) e <i>Pinus taeda</i> (PT).	29
Tabela 3 – Classificação dos compostos hidrofílicos, presentes em ambas as espécies de bambu: <i>M. skvortzovii</i> (MS) e <i>P. aurea</i> (PA).....	31
Tabela 4 – Classificação dos compostos hidrofóbicos, presentes em ambas as espécies de bambu: <i>M. skvortzovii</i> (MS) e <i>P. aurea</i> (PA).....	31
Tabela 5 – Dimensionamento das fibras de bambu.....	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVOS.....	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
4. MATERIAIS E MÉTODOS	17
4.1 Coleta e processamento.....	17
4.2 Análise Química.....	18
4.2.1 Umidade.....	18
4.2.2 Cinzas	19
4.2.3 Extrativos totais.....	19
4.2.4 Lignina	20
4.2.5 Determinação de holocelulose	21
4.2.6 Análise de cromatografia.....	22
4.2.7 Carboidratos.....	24
4.3Análise física.....	24
4.3.1 Densidade básica.....	24
4.3.2 Mensuração dos elementos fibrosos	25
4.4 Produções da polpa celulósica.....	26
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
5.1 Análise química	29
5.1.1Composição química macromolecular.....	28
5.1.2Composição dos extrativos.....	30
5.1.3 Carboidratos	32
5.2 Análise física.....	32
5.2.1 Massa específica básica	32
5.2.2 Análise das fibras	33
5.3 Produções da polpa celulósica.....	34
6.CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda mundial por polpa celulósica evidencia a necessidade de investimento na área. O Brasil, devido sua grande extensão territorial e elevado índice de incremento anual demonstra seu grande potencial, tornando-se o quarto lugar em exportações (Ibá, 2019),

Sendo assim, cada vez mais a necessidade por matéria prima levará ao desenvolvimento desta área, aumentando a produtividade ou criando novas alternativas para a produção de polpa celulósica.

Com a utilização de matéria prima alternativa, poderão ser gerados novos empregos, novo modal de produção e conseqüente ampliação e desenvolvimento. Podendo ser uma substituta ou um material aditivo no modelo convencional.

Com o aumento da necessidade de recursos naturais, a conversão de áreas plantadas em áreas degradadas tem transmutado significativamente em níveis globais. Cerca de 24% dos solos sofrem processo de degradação, devido à falta de cobertura vegetal e o mal-uso do solo (FAO, 2015). Essas alterações têm acarretado mudança do *habitat*, criando condições ideais para espécies de rápido crescimento, muitas vezes invasoras, causando impacto negativo, tanto ecológicos como econômicos (BECK et al., 2008 *apud* LACERDA,2017).

As espécies de bambu que compreendem a família das *Poaceae*s e se dividem em 3 tribos: *Olyreae* – bambu herbáceo, *Arundinarieae* – bambu lenhoso de clima temperado, *Bambuseae* – bambu lenhoso de clima tropical e ainda podem se dividir entre espécies que se desenvolvem em touceiras ou alastrante. Possui uma estratégia reprodutiva do tipo semelparos, o que significa que ela floresce em sincronia com os indivíduos da mesma região e espécie. Se reproduz apenas uma vez durante seu ciclo de vida, visto que essa atividade consome muita energia para planta, assim que ela produz suas sementes finaliza seu ciclo de vida podendo variar entre 3 e 120 anos (NUMATA, 1974; JANZEN, 1976; CAMPBELL, 1985 APUD LIEBSH E REGINATO, 2009).

Existem três teorias propostas para esse fenômeno: competição entre indivíduos análogos, periodicidade climática e abundância de indivíduos consumidores. (NICHOLSON *apud* JANZEN, 1976; Campbell, 1985). Contudo nem todos os bambus morrem ao florescer, os bambus herbáceos não seguem está regra uma vez que florescem frequentemente e não morrem (FILGUEIRAS, 1998 *apud* MAGNO, 2005).

As duas espécies foram selecionadas (uma nativa e outra exótica), a partir dos preceitos de abundância na região, alta distribuição, aclimação local e potencial pouco explorado, embora apresentem grande versatilidade de uso. São elas *Phyllostachys aurea* de origem chinesa e o *Merostachys skvortzovii* nativo do Brasil e muito comum na floresta atlântica. Ambas são da família das *Poaceas* da tribo das *Bambuseae*, são lenhosas e de clima tropical e possuem a característica de serem alastrantes, o que pode ser uma alternativa para controle dessas plantas invasoras.

Com a utilização de ambas as espécies visam o controle populacional e a agregação no valor, visto que a utilização desses materiais não é explorada ao seu máximo. No caso de *Merostachys skvortzovii* a sua utilização na região é apenas tutor de estacas de tomate, cujo valor é mínimo ou muitas vezes extraídos da mesma propriedade.

A necessidade de criação de novos estudos e técnicas na obtenção de polpa celulósica derivada de bambu é essencial para o desenvolvimento do setor.

2. OBJETIVOS

2.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do presente estudo foi avaliar a qualidade físico-química do lenho de duas espécies: Taquara-lixá (*Merostachys skvortzovii* Sendulsky) e Bambu-dourado (*Phyllostachys aurea* (Carrière) Rivière et C. Rivière) como matéria prima para a produção de polpa celulósica, e comparar os parâmetros de confecção com uma espécie convencional utilizada, no caso *Pinus taeda* coletada ao fim de sua rotação com 14 anos.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Análise Química

A análise química consiste em obter informações quantitativas criando embasamento para as discussões em relação à produção de polpa celulósica

- Análise Física

A análise física tem como objetivo a análise anatômica qualitativa das fibras para a produção de polpa celulósica

- Definição de parâmetros confecção de polpa celulósica

Delimitar condições otimizando a produção de polpa celulósica com alto número Kappa.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O bambu, taboca ou taquara como é conhecido no Brasil, é uma gramínea da família *Poaceae* e subfamília *Bambusoideae*. (SHAMUGHAVEL; FRANCIS, 2001). No Brasil já foram identificadas 258 espécies de bambus nativos, divididas em duas tribos, *Olyreae* e *Bambuseae*, sendo 35 gêneros (FILGUEIRAS et al., 2015). A tribo *Olyreae* é composta por bambus herbáceos e possui 17 gêneros e 93 espécies, enquanto *Bambuseae* é composta por bambus lignificados ou lenhosos e apresenta 18 gêneros e 165 espécies. O Brasil conta com a maior diversidade e o mais alto índice de florestas com endemismo de bambu em toda a América Latina, compreendendo 19 gêneros, significando 137 espécies, sendo que os estados de São Paulo, Minas Gerais, Santa Catarina, Bahia e Paraná, possuem a maior diversidade (LONDOÑO, 1999 apud MOGNON, 2015).

Entre a classificação da tribo *Bambuseae*, dois gêneros se destacam, em relação a sua diversidade de espécies nativas, sendo eles *Chusquea* e *Merostachys*, ambos com 44 espécies, sendo 41 endêmicas. (FILGUEIRAS; VIANA, 2017).

Outra subdivisão entre os bambus é pela formação de seus rizomas, a porção subterrânea do caule, podendo ser do tipo paquimorfo, de crescimento simpodial, ou leptomorfo, com crescimento monopodial. O termo anfipodial é utilizado para rizomas com os dois padrões de ramificação. Em geral, espécies de rizoma paquimorfo organizam-se em touceiras, enquanto as espécies de rizoma leptomorfo são alastrantes. São desconhecidas espécies nativas do Brasil com rizoma leptomorfo (FILGUEIRAS; VIANA, 2017).

A área total ocupada por bambus no mundo é de aproximadamente 36 milhões de hectares, o que representa cerca de 3% da área total de florestas (CHAOWANA, 2013). A América Latina possui boa parte das áreas com bambu no planeta, cerca de 28% do total (JIANG, 2007 apud CHAOWANA, 2013)

Porém todo esse potencial das taquaras pode trazer alguns riscos a biodiversidade. Segundo Lacerda (2017) apesar das espécies de bambus serem encontradas naturalmente em ecossistemas florestais primários do sul do Brasil, as condições ideais para se tornarem uma espécie dominante ocorrem em áreas de florestas primárias alteradas e em florestas secundárias.

A dinâmica florestal em florestas primárias ocorre em longo prazo e é condicionada à abertura de clareiras quando da morte e queda de indivíduos arbóreos longínquos, quando então pode haver o desenvolvimento acentuado de bambus nativos que passam a encontrar condições lumínicas ideais para seu desenvolvimento (CAMPANELLO et al., 2007 apud LACERDA, 2017).

No caso da existência de uma regeneração natural arbórea competitiva, o desenvolvimento de novas populações é possivelmente retardado (KELLERMANN, 2011), com impactos diretos sobre a diversidade de espécies (LACERDA & KELLERMANN, 2013). A forma de reprodução vegetativa por meio de rizomas, o rápido crescimento e a elevada densidade de colmos por área tornam as espécies de bambu altamente competitivas. Pesquisas demonstram que bambus são colonizadores agressivos e podem interferir na regeneração natural ao suprimir ou retardar o recrutamento e a colonização de espécies arbóreas, além de afetar a sobrevivência e o crescimento de indivíduos adultos (GONZALES et al. 2002).

O bambu possui o status de planta com um dos maiores graus de sustentabilidade do planeta, pois se caracteriza como o maior consumidor de gás carbônico do reino vegetal. Através da fotossíntese, o bambu retira o gás carbônico, incorporando-o aos seus compostos, libera oxigênio para a atmosfera, contribuindo para o seqüestro de dióxido de carbono (BARROS; SOUZA, 2004 apud VIEIRA, 2016)

As fibras de bambu apresentam um aspecto peculiar apesar das características semelhantes às da fibra longa do gênero *Pinus spp.* como por exemplo tamanho, largura e produtividade têm comprimento ente 1,6 e 0,0616 mm Isso significa que não se enquadram unicamente como fibra longa nem curta A principal propriedade do bambu porém talvez seja mesmo o tempo de corte Para estar pronto para o primeiro corte o bambu leva aproximadamente três anos Depois pode se realizar a colheita a cada dois anos Para o eucalipto esse tempo sobe para sete anos e no caso do *Pinus spp.* não é menor do que 15 anos No período de 13 anos o bambu permite ser explorado até seis vezes enquanto o *Pinus spp.* ainda não possibilitou nenhum corte ressalta Osmarino Borges Filho (2007).

Luis (2017) relata que o comprimento das fibras também varia consideravelmente entre as espécies. Fibras mais curtas, por exemplo, são encontradas em espécies como *Phyllostachys edulis* (1,5 mm) e *Phyllostachys pubescens* (1,3 mm), enquanto fibras mais longas ocorrem em *Dendrocalamus giganteus* (3,2 mm) e *Oxytenanthera nigrociliata* (3,6 mm). Espécies com fibras longas são as mais indicadas para produção de papel e celulose, já que essa atividade está diretamente relacionada ao tamanho da fibra (Greco et al., 2011 *Apud* DRUMOND,2017)

O bambu é utilizada amplamente como uma fibra não madeiravel para a produção de polpa não branqueada na Asia(ATCHINSON, 1998 *apud* VU, 2004)

Segundo Misra(1981) a polpa de bambu é misturada com a polpa de fibra longa para a otimização da produção de polpa Kraft, respondendo bem as parâmetros desejados.

A celulose kraft de bambu constitui principalmente de celulose e xilana; cozimento a temperatura mais baixa por tempo de cozimento mais longo resultam em conteúdo de celulose ligeiramente superior e em conteúdo de xilana significativamente maior, mantendo o numero kappa estável(O Papel, 2010)

Segundo Baptista (2008) a obtenção de celulose, a partir dos mais diversos tipos de matrizes lignocelulósicas, envolve uma série de processos que objetivam a separação da celulose dos outros componentes naturais. O processo Kraft (polpação) é um dos mais utilizados atualmente, solubilizando a lignina e dando origem a polpa celulósica. Após sua obtenção, as fibras de celulose, virgens (oriundas da biomassa vegetal) ou recicladas, são incorporadas ao processo de fabricação do papel para dar origem ao produto final

Ferro (2015) cita os principais processo de polpação podendo ser realizado por meio de um processo químico (com pH neutro, ácido ou básico), no qual a maior parte da lignina é removida, por processos mecânicos, no qual a maior parte da madeira é aproveitada (polpações de alto rendimento), por processos físicos e biotecnológicos. A lignina é o componente responsável pela resistência estrutural da madeira, e ela pode ser considerada uma barreira física para a produção de papel, pois torna as fibras cimentadas entre si.

Existe ainda o potencial do bambu na aplicação do conceito de biorrefinaria, ou seja, além da produção de polpa celulósica, avalia-se o potencial de se produzirem paralelamente bicompostíveis. Outra possibilidade seria a extração do amido presente no bambu promovendo sua sacarificação e posterior fermentação para a produção de etanol, paralelamente à produção de polpa celulósica (O PAPEL,2015).

Na produção tradicional do papel, a madeira é a principal fonte de celulose utilizada. A composição natural da madeira é de 50% água e a fração sólida é composta por aproximadamente 45% de celulose, 25% de hemicelulose, 25% de lignina e os 5% restantes são materiais orgânicos e inorgânicos (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

No conceito de biorrefinaria, os três principais biopolímeros das matérias-primas lignocelulósicas, isto é, celulose, hemiceluloses e lignina, são convertidos em fontes para produção de biocompostíveis, bioquímicos e biomateriais (Saeed et al., 2012 *apud* DRUMOND,2017).

Outra vantagem apresentada pelo bambu e que conta muito no processo de fabricação de celulose é a dispensa de replantio por mais de 100 anos, os novos brotos surgem espontaneamente cada ano O eucalipto rebrota após o corte feito aos sete anos, mas exige replantio depois de quatro ciclos, isto é, no 28º ano, já o *Pinus spp.* deve ser replantado depois de cada corte feito entre 15 e 20 anos. (O PAPEL, 2007)

Segundo Delgado (2011), as espécies de bambu podem gerar uma produtividade média entre 40 e 60 t/ha.ano⁻¹ enquanto as espécies do gênero *Pinus spp.* produzem aproximadamente 25 a 35 t/ha.ano⁻¹.

O bambu também se caracteriza pela alta resistência ao rasgo e pela baixa porosidade de correntes da estrutura morfológica de suas fibras compridas e estreitas com pouco lúmen e paredes celulares espessas. Seu poder calórico assemelha se ao das árvores lenhosas e em sua composição química destacam-se elevadas proporções de cinzas e pentosanas baixa proporção de lignina e alta solubilidade em água quente álcool benzeno e soda. Porém o fato de conter sílica e amido dificulta na recuperação do licor negro enquanto o amido acelera a degradação do bambu durante a estocagem (O PAPEL, 2007).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 COLETA E PROCESSAMENTO

Foram coletadas amostras de plantas adultas de *Phyllostachys aurea* em Curitiba Paraná, no campus III da Universidade Federal do Paraná (UFPR) localizada no bairro Jardim Botânico, com as seguintes coordenadas 25°26'52" S 49°14'13" W e altitude média de 900m em junho de 2018, cujo clima é considerado temperado (cfb – segundo a classificação *Köppen*). Na área aonde foi realizada a coleta encontra-se um povoamento do gênero *Pinus* heterogêneo.



Figura 1 – Local da coleta de *Phyllostachys aurea*

A coleta de amostras de *Merostachys skvortzovii* foi realizada em agosto de 2018, a estação experimental de Caçador-SC, coordenadas (26° 50' 32.69" e 26° 52' 36.73" S; 50° 54' 51.69" e 51° 58' 40.36"). A área de coleta é formada por floresta ombrófila mista heterogênea e apresenta clima subtropical de altitude (Cfb). Os bambus foram coletados em três segmentos entre superior, médio e inferior.

As amostras foram secas em estufa de circulação forçada à 60°C por pelo menos 48 horas, seguindo para cavaqueamento, uma parte dos cavacos secos foram moídos em moinho de facas tipo *Wiley* e peneirados na sequência em peneiras com abertura entre 355 µm e 250 µm para posterior análise química do material realizada no laboratório de madeira da Embrapa Florestas. A outra parte dos cavacos foi separada para as etapas de determinação da massa específica básica e para os ensaios para produção de polpa celulósica, realizados no laboratório de Polpa e papel da Universidade Federal do Paraná.



Figura 2 – Divisão do *M. skvortzovii* entre superiores, médios e inferiores na sequência.



Figura 3 – Moinho de facas tipo *Wiley*, utilizado no processamento dos cavacos em partículas soltas (esquerda) e peneiras utilizadas (direita).

4.2 ANÁLISE QUÍMICA

4.2.1 UMIDADE

A umidade presente nas amostras foi determinada utilizando a norma ABNT NBR 14929, aonde aproximadamente 2g de amostra (em triplicata), forma levadas a estufa por 24h e pesadas no final do processo em balança com precisão de 0,1 mg e calculada pela fórmula:

$$U\% = \frac{(P_u - P_s) * 100}{P_s}$$

U = umidade em porcentagem

P_u = peso úmido da amostra (g)

P_s = peso seco da amostra (g)

4.2.2 CINZAS

A análise de cinzas foi realizada no laboratório da madeira na Embrapa Florestas com base na norma ABNT NBR 13999,2017. As amostras livres de umidade foram encaminhadas para a mufla de alta temperatura, chegando a 525°C durante 4 h e então pesadas novamente. O teor de cinzas foi determinado através da fórmula:

$$\frac{(P1 - P0) * 100}{P0}$$

I = teor de cinzas em porcentagem

P0 = peso antes do processo de aquecimento (g)

P1 = peso após aquecimento (g)

4.2.3 EXTRATIVOS TOTAIS

A análise dos extrativos foi realizada no laboratório da madeira em Embrapa florestas, de acordo com a norma ABNT NBR14853,2010. Basicamente, utilizou-se 2 g de amostra envelopados com papel filtro, em solução 2:1 de tolueno e etanol em extrator tipo *Soxhlet*. As amostras foram extraídas durante 4 h e posteriormente o balão volumétrico foi pesado e o teor de extrativos foi determinado utilizando a seguinte formula:

$$E\% = \frac{P1}{P0} * 100$$

E% = Teor de extrativos

P0 = peso da amostra envelopadas (g)

P1 = peso da amostra residual dentro do balão volumétrico após o processo (peso final menos o peso do balão). (g)

4.2.4 LIGNINA

A determinação de Lignina não solúvel em ácido foi realizada no laboratório de madeira da Embrapa florestas, seguindo a norma da ABNT NBR 7989,2010. Essencialmente adicionou-se 1g de amostra livre de extrativos (em triplicata) em 15 mL de ácido sulfúrico a 72% por 1 h com constante agitação. Posteriormente incorporou-se cerca de 525 mL de água destilada e a mistura foi mantida em ebulição durante 4 horas. A solução foi filtrada em cadinho de vidro sinterizado que depois de seco em estufa foi pesado. O teor de lignina nas amostras foi obtido utilizando a fórmula abaixo.

$$L\% = \frac{P1}{P0} * 100$$

L% = porcentagem de lignina

P0 = massa amostra inicial (g)

P1 = massa após processo e secagem (g)



Figura 4 – Amostras prontas para receberem o ácido sulfúrico(esquerda) e amostras em ebulição durante 4 horas(direita).



Figura 5 – Filtragem da lignina insolúvel em ácido sulfúrico.

4.2.5 DETERMINAÇÃO DE HOLOCELULOSE

Para a análise de quantificação de holocelulose, utilizou-se o procedimento da ABNT NBR 14032,2015, aonde à cerca de 5 g de amostra livre de extrativos em Erlenmeyer, foram adicionados 1,5 g de clorito de sódio, 160 mL de água destilada e 10 gotas de ácido acético. A mistura foi mantida em banho maria a 80 C° durante o processo e foram adicionadas, quando necessário mais 10 gotas ácido acético e 1,5 g de clorito de sódio até o branqueamento total. A amostra foi lavada até a retirada do clorito, é seca e pesada e determinado o teor de holocelulose. Posteriormente foi adicionada uma solução de 100 mL de KOH a 5% a 20°C e a mistura mantida durante 24 horas. Em seguida as fibras forma lavadas até o pH neutro utilizando cadinho sinterizado Tipo 2. O conjunto foi seco em estufa novamente para se obter a alfa celulose. A Hemicelulose foi obtida indiretamente, por diferença matemática. Para a determinação de holocelulose, alfa celulose e hemicelulose foram usadas as seguintes fórmulas:

$$TH\% = \frac{P1}{P0} * 100$$

TH% = Teor de holocelulose

P0 = massa inicial da amostra (g)

P1 = massa após a primeira etapa do processo (g)

$$T\alpha\% = \frac{P2}{P0} * 100$$

T α % = Teor alfacelulose

P0 = massa inicial da amostra (g)

P2 = massa após a adição de KOH e posterior secagem (g)

$$Te\% = TH\% - T\alpha\%$$

Te% = Teor de hemicelulose

TH% = Teor de holocelulose

T α % = Teor alfacelulose



Figura 6 – Amostras em banho maria

4.2.6 ANÁLISE DE CROMATOGRAFIA

Utilizou-se de 40 mg de amostras seca, foram extraídas com a solução etanol:tolueno (1:1, 1,2 mL x 2, 70°C, 950 rpm, 15 min), as amostras foram centrifugadas (7 min, 12000 rpm) para separação líquido/sólido. Então, 0,4 mL de H₂O foi adicionado e a solução foi misturada com auxílio de vortex, em seguida esses foram centrifugadas (5 min, 3500 rpm) para a separação de fases (i) etanol: H₂O – compostos hidrofílicos e (ii) tolueno – compostos lipofílicos.

Após a retirada do tolueno uma segunda extração com tolueno foi realizada a fase etanol: H₂O, centrifugada novamente e adicionada à 1 extração com tolueno. A fase etanol: H₂O foi seca em speedvac (8h, 30°C), depois a amostra seca foi metoximada com uma solução de 20 mg de hidrocloreto de metoxiamina diluído em 1 mL de piridina (50 µL, 90 min, 40°C) e na sequência sililada com MSTFA (50 µL, 90 min, 40°C). A fração tolueno (0,5 mL) foi transesterificada com 1 mL da solução metanol: cloreto de acetila (9:1, 12h, 60°C). Após adicionou-se 0,5 mL KCl (10%, m/v). O extrato lipofílico foi extraído com éter etílico (3x, 0,5 mL), e seco em uma coluna de vidro contendo sulfato de sódio (0,5 g). O extrato foi seco em um fluxo de nitrogênio e sililado com BSTFA:piridina (1:1, 100 µL, 70°C, 60 min).

As frações foram analisadas em um cromatógrafo gasoso acoplado a um espectrômetro de massa de íon trap (Polaris Q, Thermo). As amostras foram injetadas com divisão de fluxo 1:25, e separadas através de coluna cromatográfica modelo DB-5 (30 m x 0,25 mm Thermo). A separação dos compostos foi feita com a temperatura do injetor à 230°C, linha de transferência 250 °C, gás de arrase hélio a 1,5 mL min⁻¹. Programação de temperatura do forno: 70 °C, isoterma de 1 min, aquecimento até 320 °C na taxa de 8 °C.min⁻¹, com isoterma final de 5 min. O espectrômetro de massas foi operado no modo positivo com ionização por impacto de elétrons à 70 eV, com temperatura da fonte de íons a 200 °C.



Figura 7 – Amostras prontas para a análise (esquerda), equipamento de cromatografia acoplado ao espectrômetro de massa (GC-MS)

4.2.7 CARBOIDRATOS

Utilizando a cromatografia iônica do laboratório da madeira da Embrapa florestas, foram determinados os carboidratos presentes na hidrólise ácida. O sistema de cromatografia consiste em um amostrador automático AS, bomba de alta pressão SP5 e um detector amperométrico de pulso (thermo). A separação dos açúcares foi realizada utilizando o CarboPac PA 20 (4 mm x 50mm) e coluna analítica (4mm x 250mm) com volume de injeção de 10 µL. O fluxo de eluente foi de 0,5 mL min⁻¹ e a temperatura do forno de 30 ° C.

O método gradiente utilizado foi: 1,5 mM NaOH por 20 minutos, seguido de um aumento de 3 minutos para 210 mM NaOH, que foi mantido por 10 minutos, e em seguida um retorno de 3 minutos para os 1,5 mM NaOH iniciais e aguardando 26 minutos nessa condição até a próxima injeção (total de 60 minutos). Foi utilizado um eletrodo de ouro e referência de Ag/AgCL. Os dados foram coletados numa taxa de 1 Hz. O potencial do detector amperométrico foi configurado em 0,10 V, -2,0 V, 0,6 V e -0,10 V para duração de 400, 10, 10, 70 ms, respectivamente. Os açúcares redutores foram convertidos em massa usando uma curva de calibração externa nas seguintes faixas: arabinose (0,4 a 10 mg L⁻¹), galactose (0,4 a 10 mg L⁻¹), glicose (7,5 a 195 mg L⁻¹), xilose (5,0 a 128 mg L⁻¹), manose (0,4 a 10 mg L⁻¹). Para facilitar a oxidação dos hidratos de carbono, foi adicionado NaOH 300 mM NaOH após a coluna, proporcionando um pH 12,5.

4.3 ANÁLISE FÍSICA

4.3.1 MASSA ESPECÍFICA BÁSICA

Foram realizados no laboratório de Polpa e papel da Universidade Federal do Paraná os ensaios de densidade básica da madeira para cavacos utilizando a Norma T258-om02 (Tappi,2006)

Cerca de 10g de cavacos (triplicata) foram pesadas e mantidas imersas em água, até a saturação das fibras. A saturação é alcançada quando o peso em água é mantido constante, calculado pelo deslocamento de água causada pela amostra. Em seguida, as mostras foram secas em estufa a 100°C até a massa permanecer constante. Foi utilizada a fórmula abaixo para obter a densidade das três espécies.

$$D = \left(\frac{P_{seco}}{Vol_{sat}} \right) * 1000$$

D = Densidade base seca (kg/m³)

Vol sat = Deslocamento da água pela amostra (g)

Pseco = Peso seco (g)

4.3.2 MENSURAÇÃO DOS ELEMENTOS FIBROSOS

As amostras foram obtidas a partir do primeiro cozimento da polpa, com álcali ativo a 22%, as fibras foram colocadas em solução com álcool 70%, para a posterior confecção de laminas temporária e mensurada.

A análise das fibras foi realizada em microscópio, com uma câmera do modelo AM422X acoplada, com auxílio do software Dino eye. Após aferição da escala foram medidos os comprimento e espessuras das paredes, de 100 fibras de amostras para cada variável.



Figura 8 – Fotografia tirada pela câmera modelo AM422X

4.4 PRODUÇÃO DA POLPA CELULÓSICA

O presente estudo teve como objetivo a obtenção de polpa celulósica pelo processo Kraft, com as diferentes espécies de bambu e compará-las com material convencional, no caso *Pinus taeda* com 14 anos, fornecido pela empresa *Klabin*. Os cavacos foram submetidos ao tratamento com diferentes teores de álcali ativo, 14%, 18% e 22%.

Após a obtenção da polpa celulósica, foi necessário o processamento das fibras por desfibrador de discos tipo *Bauher*, depuração para a retirada de rejeitos. Em seguida foi realizada análise do teor de deslignificação da polpa pelo o número *Kappa* que foi realizada baseando-se na norma T 236 om-99 (Tappi, 1999), em que a polpa é desagregada sem alterar as propriedades físicas, a polpa é mantida a 25°C em meio ácido sob agitação adicionado 780 mL de água destilada, 100 mL de permanganato de potássio e 100 mL de ácido sulfúrico, após 5 minutos é aferida a temperatura, após 10 minutos é adicionado 20 mL de iodeto de potássio e 5 mL de amido. Então é realizada a titulação com tiosulfato de sódio até o branqueamento total da solução.

Para metodologia comparativa das polpas não branqueadas produzidas foi almejado o número kappa 60, com isso foram adotadas curvas de cozimento e a formulação de equações com o propósito de facilitar para as próximas pesquisas com essas espécies, pré-estabelecendo o parâmetro de percentagem de álcali-ativo.

Tabela 1 – Relação dos parâmetros de controle utilizados nos cozimentos experimentais.

Parâmetro de controle	Condições
Quantidade de cavacos - Base seca	175 g
Álcali ativo*	14%, 18% e 22%
Sulfidez*	25%
Relação licor-madeira	(4:1)
Temperatura Máxima	170°C
Tempo da rampa de aquecimento	90 min
Tempo na temperatura máxima	40- 50 min
Fator H	800
Numero Kappa objetivo	60

* Calculado como Na₂O

Segundo Andrades (2015) as condições de álcali ativo próximo a 24% é o que é utilizada em escala industrial para a produção de polpa não branqueada.



Figura 9 – Cavacos de bambu separados para o cozimento, *Merostachys skvortzovii*(esquerda) e *Phyllostachys aurea*(direita)



Figura 10 – Reator utilizado para cozimento da polpa celulósica (esquerda) e Desfibrador de discos tipo Bauher(direita)

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada na Embrapa florestas e as variáveis foram testadas estatisticamente ($n=3$) usando *software R studio*, com os seguintes pacotes: stats, open.xlsx, multcomp, lattice, agricolae, hnp e effects (R Core Team, 2018). Variáveis com distribuição normal foram analisadas por ANOVA com teste F ($p > 0,05$), na sequência GLM (modelos lineares generalizados, família gama) e teste CHISQ ($p < 0,05$). Por fim, as variáveis que não são adequadas para os modelos anteriores foram tratadas como não-paramétricas e analisadas pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). As comparações foram realizadas pelo teste post hoc de Tukey a um nível de 5% de probabilidade.

Na maioria das amostras analisadas estatisticamente foram guiadas pelo teste de Tukey. Apenas a variável ácido de açúcar, esterol e triterpenos passaram pela regressão linear e conseqüentemente pelo teste de independência(CHISQ).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ANÁLISE QUÍMICA

5.1.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA MACROMOLECULAR

Após realização das análises de composição química macromolecular, envolvendo os seguintes compostos: cinzas, extrativos, lignina e celulose os dados foram processados e os valores são mostrados na Tabela 2. Também são apresentados os valores das mesmas análises para *Pinus taeda* (RIGATTO, 2004). As cinzas estão relacionados ao material inorgânico, os extrativos totais são compostos químicos de diversas origens que dão a espécie sua característica, a lignina é classe de polímeros complexos amorfas que dão rigidez, impermeabilidade, resistência a ataques microbiológicos e mecânicos aos tecidos vegetais, a holocelulose é a fração total de carboidratos, a hemicelulose se caracteriza por polissacarídeos (hexoses, pentoses e ácido urônicos) com baixo peso molecular.

Tabela 2 – Porcentagem da composição química das espécies de bambu: *M. skvortzovii*, *P. aurea* e *Pinus taeda*.

	Composição Química Macromolecular					
	<i>M. skvortzovii</i>		<i>P. aurea</i>		<i>P. taeda</i> *	
	X	DP	X	DP	X	DP
CINZAS	2,1	0,2	1,5	0,2	0,3	0,01
EXTRATIVOS TOTAIS	3,4	0,7	1,1	1	3,3	0,08
LIGNINA	21,8	1,3	26,1	0,9	27,8	0,15
HOLOCELULOSE	71,9	0,5	71,5	1,5	71,8	0,19
HEMICELULOSE	23,7	1,8	25,5	2	13,76	0,5

Onde: X-Média, DP-Desvio Padrão, *-Adaptado de RIGATTO (2004).

A análise da Tabela 2 mostra que entre as espécies, os valores encontrados para a lignina foram relativamente menores para a espécie *M. skvortzovii* assim como os valores obtidos para os extrativos em *P. aurea*, quando comparados ao *P.taeda*. Demonstrando um indicativo potencial para produção de papel de ambas as espécies.

O fator observado também é a relação de hemicelulose, sendo que as espécies de bambu apresentaram maiores teores de Hemicelulose em relação a *P. taeda*. Segundo Anjos (2005) a maior concentração de hemicelulose resulta na redução do tempo de refinação e aumento da resistência a drenagem, densidade e índice de tração.

5.1.2 COMPOSIÇÃO DOS EXTRATIVOS

A composição de extrativos foi realizada pela análise cromatográfica e espectrômetro de massa (GC- MS), divididas entre os solúveis em água (hidrofílicos), substâncias polares com as ligações dipolos da água, nele se enquadram os glicídios, biomoléculas orgânicas formadas por H- O- C e eventualmente por outras moléculas. A outra fase é relativa aos compostos apolares, hidrofóbico (lipofílico) que são substâncias que são repelidas pela água, por exemplo, os lipídios, óleos, resinas e ceras. A identificação dos compostos foi realizada com o *software* AMDIS e a quantificação foi realizada pela área de um fragmento de massa (m/z) característico do composto detectado, os valores foram normalizados pela adição de um padrão interno (hidrofílico - ^{13}C -Sorbitol, 6 μg ; lipofílico - ácido nonadecanóico, 60 μg) e massa seca. Foram encontrados ao total de 93 compostos hidrofílicos e 26 compostos lipofílicos, para facilitar a compreensão os compostos foram subdivididos em classes químicas, 7 classes entre os hidrofílicos (i.e. diversos, aminoácidos, fenóis, ácidos orgânicos, açúcares, poliálcoois, açúcares ácidos) e 5 classes para os lipofílicos diferentes (i.e. ácidos carboxílicos, hidroxiácidos, desconhecidos, esteróis e triterpenes).

Tabela 3 – Classificação dos compostos hidrofílicos, presentes em ambas as espécies de bambu: *M. skvortzovii* (MS) e *P. aurea* (PA).

Compostos Hidrofílicos		
	<i>M. skvortzovii</i>	<i>P. aurea</i>
Aminoácidos	24,4 ^A	5,8 ^B
Ácidos orgânicos	112,4 ^A	11,4 ^B
Fenol	161,6	137,1
Açúcar	6001,6 ^A	180,7 ^B
Poliálcool	113,4 ^A	68,1 ^B
Ácido de açúcar	89,5 ^A	0,6 ^B
Diversos	40,6	57
TOTAL	6551,9 ^A	460,4 ^B

Pode ser observado na Tabela 3 que a espécie *M. skvortzovii* possui maior quantidade de compostos hidrofílicos. Os compostos encontrados em maior concentração em *M. skvortzovii* foram os açúcares, ácidos orgânicos, ácidos de açúcar e poliálcoois. Isso pode favorecer uma maior biodegradação devido a atração por agentes xilófagos, por esse motivo que o *M. skvortzovii* é mais atacado.

Tabela 4 – Classificação dos compostos hidrofóbicos, presentes em ambas as espécies de bambu: *M. skvortzovii* (MS) e *P. aurea* (PA)

Compostos Hidrofóbicos		
	<i>M. skvortzovii</i>	<i>P. aurea</i>
Ácido carboxílico	5,8 ^B	26,03 ^A
Hidroxiácido	3,5	4,4
Desconhecidos*	65,5	77,7
Esterol	31,7 ^B	98,4 ^A
Triterpeno	19,3*	0
TOTAL	151,7 ^B	205,2 ^A

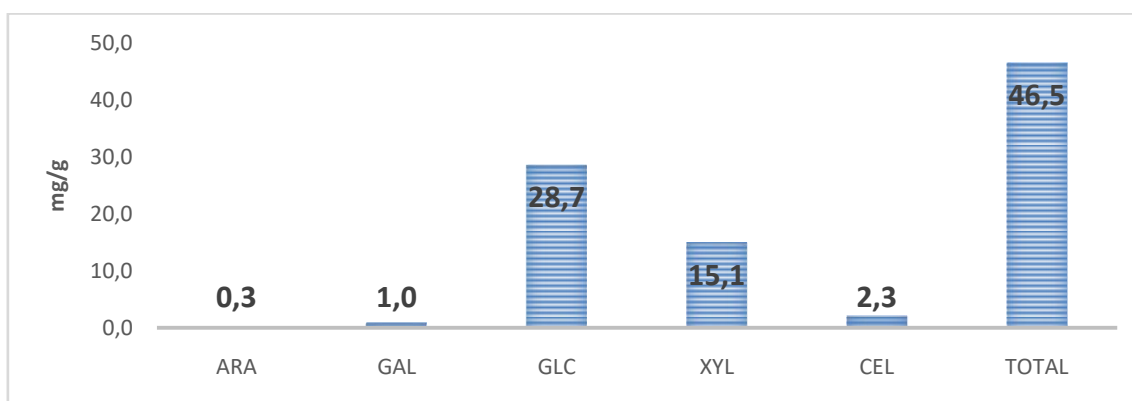
*compostos com a presença de nitrogênio em sua composição

Para os compostos hidrofóbicos dentro das 5 classes observadas, o *P. aurea* apresentou maior concentração com exceção do triterpeno, que foi encontrado apenas em *M. skvortzovii*. A maior abundância concentração dentre as classes observadas foram esterol e ácido carboxílico respectivamente.

A classe desconhecida é referente aos compostos lipofílicos que possuem moléculas de nitrogênio, e que não estavam presentes na biblioteca utilizada pelo software, porém este serão classificados posteriormente.

5.1.3 CARBOIDRATOS

Foram encontrados ao total 5 carboidratos diferentes para ambas as espécies, porém após análise estatística entre as mesmas não houve discrepância significativa gerando um Figuras abaixo com as médias de composição dos carboidratos presentes nas duas espécies de bambu. Os carboidratos que apresentaram maior concentração foram glucose e xylose com uma concentração de 28,7 mg/g e 15,1 mg/g respectivamente.

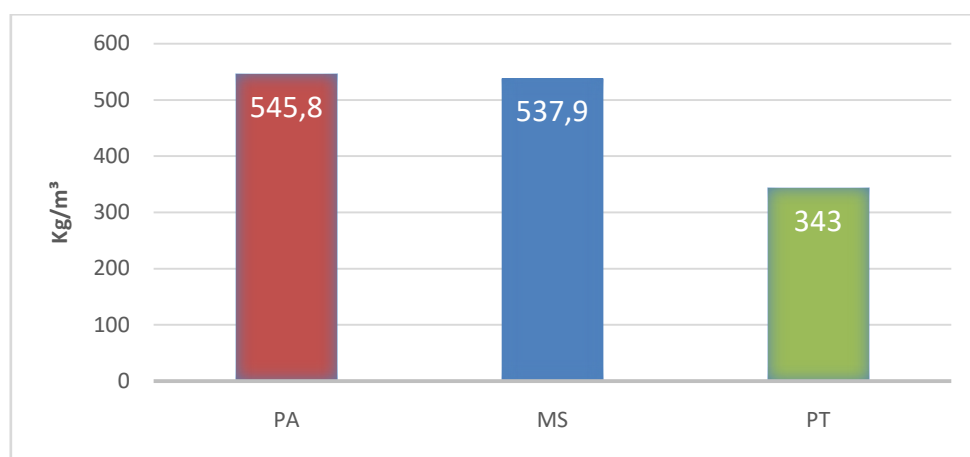


Figuras 11 – Composição dos carboidratos dissolvidos em hidrólise ácida.

5.2 ANÁLISE FÍSICA

5.2.1 MASSA ESPECÍFICA BÁSICA

Com base na análise estatística as densidades entre os bambus não apresentaram variação estatística significativa, contudo demonstraram valores superiores ao do *P. taeda*. O que indica o potencial para diversos usos, incluindo o a produção de polpa celulósica



Figuras 12 – Densidade das três espécies em Kg/m³

As espécies de maior densidade no geral apresentam desvantagens quanto à quantidade de álcali ativo e vantagens quanto a qualidade do papel e a quantidade de material a ser utilizado para a produção da mesma quantidade. Porém não é o que acontece nesse caso, as espécies de bambu cuja a densidade é maior necessitaram menos álcali ativo por conta do tipo de lignina presente nas *poaceas*.

5.2.2 ANÁLISE DAS FIBRAS

A análise das fibras foi realizada após o primeiro cozimento da polpa com teor de álcali ativo de 22%, os resultados obtidos, não apresentaram variância significativa entre as espécies de bambu, como pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 – Dimensionamento das fibras de bambu

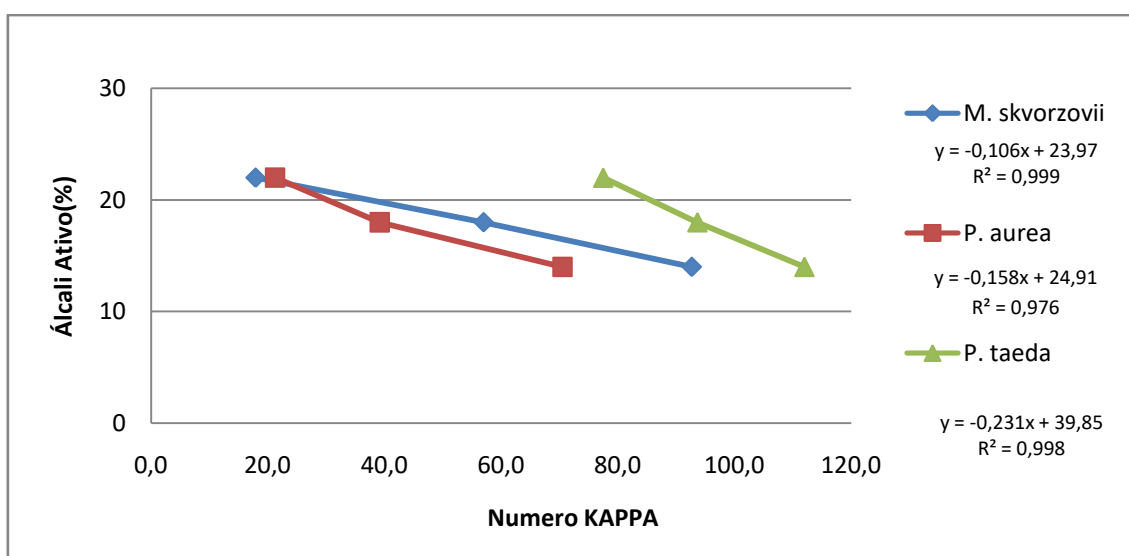
	Dimensionamento das Fibras					
	<i>M. skvortzovii</i>		<i>P. aurea</i>		<i>P. taeda</i> *	
	X	DP	X	DP	X	DP
Comprimento (mm)	1,1415	0,5253	1,0518	0,5169	3,5	0,43
Espessura (µm)	7	0,39	10,7	0,34	6,4	0,2

Onde: X-Média, DP-Desvio Padrão, *-Adaptado de Vivian(2015).

Segundo Vivian (2015). As fibras de *P. taeda* tem como valor médio de comprimento de 3,5 mm e 0,00641 mm de espessura, apresentando comprimento médio três vezes maior do que o verificado nas espécies de bambu. influência direta nas variáveis do processo, principalmente no grau de refino, na qualidade da pasta e, conseqüentemente, nas resistências físicas e mecânicas do papel (BARRICHELO; BRITO, 1976)

5.3 PRODUÇÃO DA POLPA CELULÓSICA

As curvas de cozimento foram obtidas através do software *Excel*, pela construção de curvas com base no teor de álcali ativo para o cozimento (14%,18%,22%), em relação ao numero Kappa obtido pelas polpas. O gráfico e equações criadas segue e anexo na Figuras 13



Figuras 13 – Curva de cozimento para produção de polpa de cavaco

Com base no gráfico foi observado que ambas as espécies de bambu apresentaram vantagens em relação à quantidade de álcali ativo necessária para o cozimento, aproximadamente uma concentração de 30% menor em relação à polpa de *P. taeda*, com as mesmas condições, fixando o numero Kappa em 60. Mesmo possuindo teores de lignina semelhantes, as *Poaceas* se diferenciam das *coníferas* pela composição química da lignina, podendo ser um dos motivos dessa diferença.

A partir das curvas de cozimento foi observado a cru modo que para atingir o numero Kappa desejado de 60 e mantendo as demais variáveis constantes seria necessário o teor de álcali ativo próximos a 15,43% para o *P. aurea* e para *M. skvortzovii* o teor de álcali ativo próximo a 16,83%. Mesmo o teor lignina sendo menor em *M. skvortzovii*, porém esse fato pode ser explicado pelo consumo de álcali ativo dos extrativos presentes em maior quantidade. Já para *P. taeda* o teor de álcali ativo é relativamente maior sendo necessário um valor próximo de 24% segundo o modelo. Segundo Andrades (2015), para um numera Kappa desejado entre 45 e 55 é necessária aproximadamente 22% de álcali ativo e sulfidez 24%

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os dados obtidos apresentaram consistência com o observado na prática. Ambas as espécies possuem potencial para a confecção de polpa não branqueada.

- Tanto *M. skvortzovii* quanto o *P. aurea* apresentaram composição química favorável como matéria prima para produção de polpa celulósica. A composição química da lignina das *Poaceae*s é um indicativo desse fato, podendo ser utilizado álcali ativo em menor concentração, aproximadamente 30% a menos.
- O *P. aurea* cuja característica morfológica é mais robusta, apresentou teores mais elevados de lignina e apresentou menores teores de cinzas e extrativos (baixo teor de extrativos hidrofílicos). Sua composição química indica maior resistência a ataque de insetos xilófagos em comparação ao *M. skvortzovii*.
- O Teor de hemicelulose para as espécies de bambu apresentaram maiores valores em comparação ao *P. taeda*, podendo reduzir o tempo de refinação e aumento da resistência a drenagem, densidade e índice de tração do papel produzido.
- A análise anatômica das fibras de bambu apresentou valores intermediários entre as espécies de fibra longa e fibra curta, com comprimento de aproximadamente 1 mm e espessura de 0,01 mm

Perspectiva de estudo:

- Novos ensaios de cozimento para confirmar as concentrações de álcali ativo conforme a curva de cozimento;
- Confecção e testes de qualidade do papel;
- Estudos sobre a composição e concentração dos tipos de lignina, para a otimização do processo;
- Avaliação da influência do tamanho das fibras de bambu na qualidade do papel.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, O.; SANTOS, A.;SIMÕES, R. Efeito do teor de hemiceluloses na qualidade do papel produzido com fibra de Eucalipto. 5º Congresso Florestal Nacional, 16 -19 Maio de 2005.

ANDRADE. A. S. **Qualidade da madeira, celulose e papel em Pinus Taeda L.:** Influência da idade e classe de produtividade. Dissertação (mestrado). Curitiba, PR: UFPR, 2006.

ANDRADE, C.; FRINHANI E. M.D. PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DE POLPAS KRAFT COM NÚMEROS KAPPA 45 E 55 DESTINADAS A FABRICAÇÃO DE PAPEL SACKRAFT DE BAIXA GRAMATURA. O PAPEL vol. 76, num. 7, pp. 53 - 58 JUL 2015

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. **A madeira das espécies de eucalipto como matéria-prima para a indústria de celulose e papel.** Série Divulgação PRODEPEF, Brasília, n. 13, p. 1-145, 1976.

BERENQUER, E.; et al. A large-scale field assessment of carbon stocks in human-modified tropical forests. **Global Change Biology**, v. 20, n. 2, 2014.

BISCAIA, A. E. **Bambus nativos como espécies invasoras em florestas ombrófilas do sul do Brasil.** Colombo, PR: Embrapa Floresta, 2017.

CASAGRANDE JR., Eloy F.; UMEZAWA, H. A. **Arranjo produtivo local sustentável(apls) em torno do bambu:** inclusão social, geração de renda e benefício ambiental. Paraná: Centro Federal de Educação tecnológica do Paraná, 2005.

CHAOWANA, P. Bamboo: An Alternative Raw Material for Wood and Wood-Based Composites. **Journal of Materials Science Research**, v. 2, n. 2, 2013.

COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Introdução a métodos cromatográficos.** 5ª ed. Campinas: Editora da Unicamp, 1993.

DELGADO, P. S. **O bambu como material eco-eficiente:** caracterização e estudos exploratórios de aplicações. Ouro preto, MG: CETEC abril, 2011.

DRUMOND, P.; WIELDMAN, G. **Bambus no Brasil da biologia à tecnologia** 1. ed. - Rio de Janeiro: ICH, 2017.

DUARTE, J.; MORAES, R. Bambu uma fibra a ser descoberta pelo setor. **O Papel**, p. 42-44, fev. 2007.

FAO. **Status of the World's Soil Resources:** Main Report. FAO, 2017.

FILGUEIRAS, T. S.; VIANA P. L. **Bambus brasileiros**: morfologia, taxonomia, distribuição e conservação. *Bambus no Brasil: da biologia a tecnologia*. 1 ed. Rio de Janeiro, RJ: ICH, 2017

FRANÇA, C. D. **Potencialidades de espécies de bambu para a estabilidade de encostas e áreas degradadas em solo do cerrado**. Brasília, DF: UNB, fevereiro, 2011.

GEROTO, P. G. **Caracterização anatômica e física de *Dendrocalamus asper* Backer, *Dendrocalamus latiflorus* Munro e *Gadua angustifolia* Kunth**. Piracicaba, SP: USP, 2014.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L. G.; CAMPOS. **Deslignificação com oxigênio da polpa Kraft de bambu**. São Paulo, SP: ABTC,1990.

GPWG II. **New grass phylogeny resolves deep evolutionary relationships and discovers C4 origins**. Grass Phylogeny Working Group II, 2012.

GRECO, T. M.; CROMBERG, M. **Bambu**: cultivo e manejo. Florianópolis: Insular. 2011

GUERRA, S. P. S.; et al. Mechanized harvesting of bamboo plantations for energy production: Preliminary tests with a cut-and-shred harvester. **Energy Sustainable Development**, v. 34, p. 62-66, 2016.

HEITNER, C.; DIMMEL, D.; SCHMIDT J. **Lignin and Lignans: Advances in Chemistry**. CRC Press, Science, abr. 2016.

ITO, R.; MIYAFUJI, H.; KASUYA, N. Rhizome and root anatomy of moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) observed with scanning electron microscopy. **Journal Wood Science**, v. 61, n. 4,2015.

JANZEN, D. H. Why bamboos wait so long to flower? **Annual Review of Ecology & Systematics**, n. 7, p. 347-391, 1976.

JARAMILLO, S. V. La Guadua en los proyectos de inversión. In: **Anales del Congreso Mundial de Bambú/Guadua**, Pereira, Colômbia, 1992.

DUARTE, J; MORAES, R.; PERECIN, L. **Bambu uma fibra a ser descoberta pelo setor**. Revista o Papel. p. 42 a 45, 2007.

KLOCK, U.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira**. V. 4, 2013.

LIEBSCH, D.; REGINATO, M. Florescimento e frutificação de *Merostachys skvortzovii* Sendulsky (taquara-lixá) no estado do Paraná. **Iheringia**, Porto Alegre, v. 64, n. 1, p. 53-56. 2009.

LINO M. J. **Aperfeiçoamento da deslignificação com oxigênio e do branqueamento de polpa celulósica kraft de eucalipto para dissolução**. Viçosa, MG: UFV, 2013.

LONDOÑO, X. **Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del nuevo mundo**. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2002.

LOPEZ, H. **The gift of Gods**. Bogotá; Embrapa Acre, 2003.

MAESTRI, R.; et al. Área foliar de merostachys skvortzovii sendulsky. (poaceae) em diferentes estratos de altura da planta. **PERSPECTIVA**, Erechim. v.37, Edição Especial, p.49-56, março/2013

SILVA, R. M. C. **O bambu no Brasil e no Mundo**. 2005.

MARINHO, N. P.; et al. Análise química do bambu-gigante (dendrocalamus giganteus wall. ex munro) em diferentes idades. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 417-422, jun., 2012.

MINE, F. H.; FIGUEIREDO L.S.; TEIXEIRA R. A. **Otimização do processo de designificação com oxigênio**. Vol 7. Belo oriente, MG: Unilestemg, 2010.

MOGNON, F.; et al. Alocação e modelagem da biomassa em Dendrocalamus asper. **Floresta**, Curitiba, v. 45, p. 1-10, 2015.

MOGNON, F. **Avaliação comportamental do crescimento, biomassa e estoque de carbono em espécies de bambu**. Curitiba, PR: UFPR, 2015.

PADULA, R. R. **Estudo comparativo de métodos para determinação da densidade básica de cavacos e discos de madeira**. Botucatu, SP:UNESP, 2013.

RIGATTO, P. A.; DEDECEK, R. A.; MATOS, J. L. M. Influência dos atributos do solo sobre a qualidade da madeira de pinus taeda para produção de celulose kraft. **Viçosa-MG**, v. 28, n. 2, p. 267-273, 2004.

ROSOT, N. C.; et al. Ações de recuperação em área degradada por fogo em floresta ombrófila mista: resultados parciais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 55, 2007.

SANTI, T. Bambu para toda obra. **Revista O Papel**, abr. 2015.

SANTOS D. R. S.; et al. Potencial de espécies de Bambu como fonte energética. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 44, n. 111, p. 751-758, set. 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3 ed. rd Edition, Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA. 2002.

TAKAHASHI, J. **Bamboo in Latin America: Past, Present and the Future**. San Isidro Lima, Peru: INBAR, 2006.

TOMAZELLO, M.; AZZINI, A. **Estrutura anatômica, dimensões das fibras e densidade básica de colmos de Bambusa vulgaris Schrad.** Piracicaba,SP: IPEF,1987.

TRUGILHO P. F.; et al. Avaliação de clones de eucalyptus para produção de carvão vegetal. **Cerne**, v. 7, n. 2, p. 104-114, 2001.

VENTORIM, G.; et al. **Influência do número kappa, dos ácidos hexenurônicos e da lignina no desempenho da deslignificação com oxigênio.** Viçosa, MG: UFV, 2006.

VIEIRA, A. A. F. **Caracterização de bambus e seu potencial energético.** UFPR, Curitiba PR, 2016.

VIVIAN, M. A.; et al. Qualidade das madeiras de Pinus taeda e Pinus sylvestris para a produção de polpa celulósica kraft Wood quality of Pinus taeda and Pinus sylvestris for kraft pulp production. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 183-191, mar. 2015.

VOGUELMANN, E.S.; PREVEDELLO, J.; REICHERT, J. M. Origem dos compostos hidrofóbicos e seus efeitos em florestas de pinus e eucalyptus. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 1067-1079, out.-dez., 2015.