



BÁRBARA MARIA RIBEIRO GUIMARÃES

**TRATAMENTO QUÍMICO DE PARTÍCULAS DE
PSEUDOCAULE DA BANANEIRA VISANDO À
PRODUÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS**

LAVRAS - MG

2012

BÁRBARA MARIA RIBEIRO GUIMARÃES

**TRATAMENTO QUÍMICO DE PARTÍCULAS DE PSEUDOCAULE DA
BANANEIRA VISANDO À PRODUÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Lourival Marin Mendes

LAVRAS- MG

2012

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Guimarães, Bárbara Maria Ribeiro.

Tratamento químico de partículas de pseudocaule da bananeira
visando à produção de painéis aglomerados / Bárbara Maria Ribeiro
Guimarães. – Lavras: UFLA, 2012.

93 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Lourival Marin Mendes.

Bibliografia.

1. Painéis particulados. 2. Resíduos agrícolas. 3. Agregação de
valor. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 674.836

BÁRBARA MARIA RIBEIRO GUIMARÃES

**TRATAMENTO QUÍMICO DE PARTÍCULAS DE PSEUDOCAULE DA
BANANEIRA VISANDO A PRODUÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 01 de outubro de 2012.

Dr. Gustavo Henrique Denzin Tonolli UFLA

Dr. André Luiz Zangiácomo UFLA

Dr. Lourival Marin Mendes
Orientador

LAVRAS - MG

2012

Ao meu filho, Samuell.

DEDICO

Apenas quando somos instruídos pela realidade é que podemos mudá-la
(*Bertolt Brecht*)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me dar forças em todas as etapas desta caminhada.

Agradeço aos meus pais, José Benedito e Maria das Graças, que foram meus alicerces nessa jornada.

Ao meu filho, Samuelli, que foi o motivo de toda a minha inspiração.

Aos meus irmãos, Sarah e José, pela força, companheirismo e apoio.

Ao professor Lourival, pelo contínuo incentivo, orientação e supervisão e acreditar nesta pesquisa.

Aos professores Gustavo e Fábio Akira que colaboraram diretamente na execução deste trabalho.

Também ao laboratorista Wilson, não só pela ajuda, mas por toda amizade.

Sou grata a todas as pessoas tão maravilhosas que conheci na Ciência e Tecnologia da Madeira, por toda a convivência e os bons momentos ao longo desta jornada: Adrielle, Mário, Thiago, Moises, Danilo, Selma, Claudinéia, Cláudia, Edson, Amanda, Amélia, Marcela, Stefânia, Rafael, Ricardo e, em especial, Lina, por toda dedicação.

Aos meus amigos zootecnistas, companheiros para toda hora, João, Elicias, Cícero, Felipe, Cibele, Daniel e Tairine. A Kelly, Vínnicius, Joabel, Olivia e Analuiza, minha eterna gratidão.

Ao Laboratório de Construções e Ambiente FZE/USP, por ter cedido o aparelho para a medição da densidade real.

Ao setor de Ciência e Tecnologia da Madeira da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e à Capes, pela concessão da bolsa e pelo financiamento do projeto.

A todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de verificar a viabilidade técnica da utilização de fibras de pseudocaule da bananeira na confecção de painéis aglomerados. Para tanto, foi realizada a caracterização anatômica do material em estudo. Após esta caracterização, foram realizados tratamentos químicos nas partículas de pseudocaule, objetivando a melhoria na adesão entre partículas, a partir da remoção dos seus extrativos e a melhoria das propriedades físicas e mecânicas dos painéis aglomerados. Para tanto, as partículas receberam os seguintes tratamentos: 1) testemunha (seca em estufa até 3% de umidade), 2) ácido acético (CH_3COOH 2%), 3) soda cáustica (NaOH 0,5%), 4) acetona/água (1/1, v/v) e 5) água. Para a caracterização química foram realizados estudos sobre a composição básica (extrativos, lignina, holocelulose e cinzas), antes e após os tratamentos. Após esta etapa, avaliou-se o efeito dos tratamentos químicos nas propriedades das partículas, por meio de: a) caracterização física da fibra (densidade básica) e b) densidade real. A próxima etapa consistiu na manufatura dos painéis aglomerados a partir das partículas tratadas quimicamente. Para a confecção dos painéis aglomerados foram utilizados 12% de adesivo ureia-formaldeído. O ciclo de prensagem foi de 4 MPa, à temperatura de 160 °C, durante um período de 8 minutos. O painel apresentou dimensões de 480 mm x 480 mm e densidade nominal de 0,70 g/cm³. Foram avaliadas: a) as propriedades físicas dos painéis: densidade e absorção de água (AA), inchamento em espessura (IE) e b) as propriedades mecânicas painéis: flexão estática (MOE) e (MOR), compressão paralela (CP) e ligação interna (LI). O pseudocaule foi classificado como fibras intermediárias, apresentando comprimento médio de 2,64 mm e espessura média de parede celular de 3,21 μm. Os tratamentos químicos realizados nas partículas afetaram a composição química do material. A densidade básica do pseudocaule foi de 0,100g/cm³, tendo o tratamento com NaOH sido o único que afetou essa propriedade, ocasionando seu aumento, 0,134g/cm³. Em relação à densidade real, todos os tratamentos afetaram esta propriedade. Quanto às propriedades físicas avaliadas, os painéis produzidos com partículas tratadas com NaOH foram os que apresentaram maiores absorção de água e inchamento em espessura, tanto para 2 quanto para 24 horas de imersão. Em relação às propriedades mecânicas avaliadas, todos os painéis ficaram abaixo do mínimo recomendado pela norma CS 236-66 (COMMERCIAL STANDARD - CS, 1968). É viável a utilização do pseudocaule para a produção de aglomerados, entretanto, é necessário um estudo mais detalhado a respeito do efeito da quantidade e do tempo de tratamento nas partículas, a fim de possibilitar a este resíduo melhor desempenho para a produção de painéis.

Palavras-chave: Painéis aglomerados. Pseudocaule bananeira. Tratamento químico.

ABSTRACT

The present work was carried out with the purpose of verifying the technical feasibility of the use of banana tree pseudostem fibers in making particleboard. Thus, the anatomical characterization of the material under study was conducted. After that characterization, chemical treatments on the pseudostem particles were performed, aiming at the improvement in the particle adhesion, from the removal of their extractives and the improvement of the physical and mechanical properties of the particleboards. So, the particles were given the following treatments: 1) control (dried in an oven to 3% of moisture), 2) acetic acid (CH_3COOH 2%), 3) caustic soda (NaOH 0.5%), 4) acetone/water (1/1, v/v) and 5) water. For the chemical characterization were conducted studies about the basic composition (extractives, lignin, holocellulose and ashes), before and after the treatments. After this step, the effect of the chemical treatments on the properties of the particles was evaluated by means of: a) physical characterization of the fiber (basic density) and b) real density. The next step consisted in the manufacture of the particleboards from the chemically treated particles. For the making of the particleboards were used 12% of urea-formaldehyde adhesive. The pressing cycle was of 4 MPa at the temperature of 160 °C during an 8-minute period. The panel presented dimensions of 480 mm x 480 mm and nominal density of 0.70 g/cm³. The followings were evaluated: a) the physical properties of the panels: density and water absorption (AA), thickness swelling (IE) and b) the mechanical properties of the panels: static bending (MOE) and (MOR), parallel compression (CP) and internal bond (LI). The pseudostem was classified as intermediary fibers, presenting average length of 2.64 mm and average thickness of cell wall of 3.21 μm. The chemical treatments performed in the particles affected the chemical composition of the material. The basic density of the pseudostem was of 0.100g/cm³, the NaOH treatment having been the only one which affected that property, bringing about its increase, 0.134g/cm³. As regards the real density, all the treatments affected that property. As to the physical properties evaluated, the panels produced with NaOH-treated particles were ones which presented the highest water absorption and thickness swelling both for 2 and 24 hours after immersion. In relation to the mechanical properties evaluated, all the panels were below the minimum recommended by norm CS 236-66 (COMMERCIAL STANDARD - CS, 1968). The use of the pseudostem is feasible for particleboard manufacture, nevertheless, a more detailed study about the amount and time of treatment on the particles is necessary in order to provide better performance to this residue for panel-making.

Keywords: Particleboards. Banana tree pseudostem. Chemical treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Corte transversal (A) e longitudinal (B) do pseudocaule: 1. Bainhas foliares; 2. Talo floral.....	18
Figura 2	Fluxograma da geração de resíduos da bananicultura.....	24
Figura 3	Seção transversal do pseudocaule da bananeira	25
Figura 4	Secção transversal de uma fibra de bananeira extraída das bainhas foliares da <i>Musa sapientum</i> . A fibra é multicelular, apresentando paredes celulares delgadas e lúmen grande ($\times 320$) (KULKARNI et al., 1983), sendo a) esclerênquima e b) parênquima	26
Figura 5	Células parenquimáticas	27
Figura 6	Fibra do pseudocaule	27
Figura 7	Fibra do pseudocaule e fibra da medula da bananeira (x 400).....	28
Figura 8	Camadas do pseudocaule de bananeira	29
Figura 9	a) Área do estudo b) Corte do pseudocaule	40
Figura 10	Pseudocaule inteiro após colheita	41
Figura 11	Pseudocaule desfibrado para secagem ao ar livre	41
Figura 12	Fibra do pseudocaule armazenada em solução para posterior maceração	42
Figura 13	Geração das partículas “sliver” em moinho de martelo	43
Figura 14	Peneira vibratória	44
Figura 15	Partículas imersas nas soluções de tratamento	45
Figura 16	Lavagem do material.....	45
Figura 17	Esquema de amostragem do pseudocaule para análise química	46
Figura 18	Material sendo peneirado	47
Figura 19	Deslocamento de líquido observado na proveta graduada	48
Figura 20	Multipcnômetro de gás hélio, utilizado na determinação da densidade real.....	50
Figura 21	Etapas do processo produtivo dos painéis aglomerados, sendo a) partículas tratadas e secas; b) tambor giratório para encolamento das partículas; c) caixa formadora de colchão; d) pré- pensagem; e) formação do colchão e f) prensagem a quente	52
Figura 22	Medição do comprimento da fibra do pseudocaule da bananeira	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição química de alguns materiais lignocelulósicos	31
Tabela 2	Massa específica básica e composição química das madeiras de cipreste, pinus e eucalipto	32
Tabela 3	Características físicas e mecânicas das fibras vegetais	33
Tabela 4	Metodologias para análise química do pseudocaule da bananeira ...	47
Tabela 5	Características anatômicas da fibra de <i>Musa sp.</i>	54
Tabela 6	Resultados quantitativos dos componentes químicos do pseudocaule da bananeira.....	56
Tabela 7	Componentes químicos de alguns materiais lignocelulósicos, segundo a literatura	57
Tabela 8	Valores médios de densidade básica do pseudocaule da bananeira nos diferentes tratamentos.....	59
Tabela 9	Valores médios de densidade real do pseudocaule de bananeira, <i>Musa sp.</i>	61
Tabela 10	Valores médios da densidade nominal e densidade observada dos painéis aglomerados.....	63
Tabela 11	Valores médios de absorção de água e inchamento em espessura, após 2 e 24 horas de imersão em água.	64
Tabela 12	Valores médios de flexão estática, ligação interna e resistência à compressão dos painéis aglomerados, nos diferentes tratamentos...	68

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1	A cultura da banana	16
3.1.1	Origem e classificação	16
3.1.2	Importância econômica da cultura da bananeira	20
3.1.3	Resíduos do cultivo da bananeira	21
3.1.4	Caracterização anatômica do pseudocaule da bananeira	24
3.2	Caracterização química e físico-mecânica de algumas fibras vegetais	28
3.3	Painéis aglomerados	33
3.3.1	Fatores que interferem nas propriedades dos painéis aglomerados	35
3.4	Tratamento químico das fibras vegetais	36
4	MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1	Caracterização do pseudocaule de bananeira antes do tratamento químico	40
4.1.1	Coleta e preparo do material	40
4.1.2	Caracterização anatômica	42
4.1.3	Geração e homogeneização das partículas	43
4.2	Tratamentos químicos das partículas	44
4.3	Análise química	45
4.4	Caracterização física	48
4.4.1	Densidade básica	48
4.4.2	Densidade real	49
4.5	Manufatura dos painéis aglomerados	51
4.6	Avaliação das propriedades físicas e mecânicas dos painéis	52
4.7	Delineamento estatístico dos dados	53
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1	Caracterização do pseudocaule da bananeira	54
5.1.1	Caracterização anatômica do pseudocaule da bananeira	54
5.1.2	Análise química	56
5.1.3	Densidade básica	59
5.1.4	Densidade real	61
5.2	Propriedades físicas e mecânicas dos painéis aglomerados	62
5.2.1	Densidade dos painéis	62
5.2.2	Absorção de água e inchamento em espessura	63
5.2.3	Propriedades mecânicas	67
6	CONCLUSÕES	72
	REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

Uma das características dos painéis aglomerados é a vasta possibilidade de utilização de diferentes tipos de materiais lignocelulósicos, entre eles, os resíduos agroindustriais. O painel aglomerado pode ser produzido com madeira considerada de baixa qualidade para outros usos, como aquelas com defeitos na forma de nós, apresentando tortuosidade e, ainda, com resíduos de serraria ou de outras formas de processamento, os quais seriam, em sua maioria, descartados.

As plantas anuais, de crescimento rápido, produtoras de fibra, apresentam algumas vantagens em relação às espécies arbóreas tradicionais, no que diz respeito à utilização de subprodutos agrícolas, pois são renováveis anualmente e disponíveis em grande abundância. Dessa forma, os materiais agrícolas são fonte abundante e econômica de fibras celulósicas (OLIVEIRA, F., 2007).

Segundo Mendes et al. (2010), o aproveitamento dos resíduos gerados pela agroindústria brasileira é uma alternativa ao setor de painéis aglomerados, apresentando vários tipos de resíduos lignocelulósicos com potencialidades para aproveitamento. Dentre eles, podem-se destacar sabugo de milho, casca de arroz, casca de café, casca de amendoim, pseudocaule de bananeira, casca de coco, caule de mandioca, casca de mamona e bagaço de cana, entre outros.

De acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (2010), o Brasil é o quarto maior produtor de banana do mundo, atrás de Índia, China e Filipinas. Nas últimas décadas, essa cultura tem apresentado um aumento significativo no volume produzido mundialmente, passando de 36,7 milhões de toneladas, na safra 1980, para 90,7 milhões de toneladas, na safra 2008.

A banana está entre as culturas agrícolas mais importantes nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. É cultivada numa área total de cerca de 4,8

milhões de hectares, com produtividade média de 19 toneladas/ha/ano e produção total de 95,6 milhões de toneladas. De acordo com a FAO, aproximadamente 84% das bananas produzidas são destinadas ao consumo das populações dos países onde são cultivadas. Somente 16% do total da produção são para exportação e concorrem para a contabilização de receitas de aproximadamente 8,5 bilhões de dólares anualmente, beneficiando muitos países em desenvolvimento (SILVA NETO; GUIMARÃES, 2011).

Por ser um dos maiores produtores mundiais de banana, o Brasil, conseqüentemente, gera grande quantidade de resíduo proveniente desta atividade de cultivo, a qual vem sendo objeto de estudos em um grande número de pesquisas dirigidas ao seu aproveitamento. O pseudocaule é aproveitado de formas diferentes, ou como matéria-prima para a produção de polpa e a fabricação de papel, ou como fonte para a geração de energia e artesanato (BLANCO ROJAS, 1996).

Ao combinar o aproveitamento de um subproduto da cultura da banana a um processo produtivo de baixo impacto ambiental, o uso do pseudocaule na produção de briquetes, pelets, aglomerados e painéis de fibras (MDF, painéis isolantes, dentre outros) mostra-se como atividade bastante promissora.

Um dos obstáculos à melhor utilização das chapas de pseudocaule de banana na produção de painéis aglomerados é a baixa estabilidade dimensional, decorrente da alta tendência à absorção de água, citada por Guimarães (2009). Algumas propostas são apresentadas no intuito de minimizar esta instabilidade dimensional, dentre elas, a modificação química. Okino e Rowell (1996), por meio da acetilação das partículas tipo “flakes” de pinus e eucalipto, conferiram às chapas aglomeradas maior resistência à absorção de água. Guiotoku et al. (2008) obtiveram melhoras na estabilidade dimensional de painéis aglomerados produzidos com partículas de erva-mate tratadas quimicamente. Como não há, na literatura, informações sobre a eficiência do tratamento químico de partículas

de pseudocaule de bananeira para a melhoria dessas propriedades, este trabalho foi realizado com o objetivo de verificar a viabilidade dos diferentes tratamentos químicos em partículas de pseudocaule de bananeira nas propriedades de painéis aglomerados.

2 OBJETIVOS

O presente estudo foi realizado com os seguintes objetivos:

- a) **geral:** analisar a viabilidade dos diferentes tratamento químicos das partículas de pseudocaule de bananeira na produção de painéis aglomerados.

- b) **específicos:**
 - a) descrever as características anatômicas da espécie para a produção de painéis aglomerados;
 - b) caracterização física e química do pseudocaule antes e após tratamento químico;
 - c) avaliar o efeito dos diferentes tratamentos químicos sobre as características físicas e mecânicas dos painéis produzidos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A cultura da banana

3.1.1 Origem e classificação

A bananeira pertence à divisão Angiospermae (= Magnoliophyta), classe Monocotyledoneae (= Liliopsida), ordem Scitaminae (= Zingiberales) e família Musaceae (CRONQUIST, 1981; SOFFNER, 2001).

A palavra banana tem origem africana e é conhecida também pelos nomes banano, plátano, gruneo e cambure (SOTO BALLESTERO, 1992). A banana é originada do continente asiático e é considerada uma das frutas mais utilizadas para a alimentação humana (MEDINA, 1985; SIMMONDS, 1959). Acredita-se que seja originária do continente asiático, podendo ser do Oriente, do sul da China ou da Indochina (MOREIRA, 1999).

A distribuição geográfica da cultura da bananeira está compreendida entre as latitudes de 25 °N e 25 °S, embora seja encontrada até 34 °N, em Israel e 30 °S, em Natal, na África. Entretanto, nem todas as regiões dentro dessa faixa apresentam condições favoráveis ao plantio comercial, quer por questões de temperatura, em função da altitude, quer por escassez e má distribuição de precipitação pluvial (SOFFNER, 2001).

A bananeira é uma planta perene, apresentando um ciclo vegetativo com desenvolvimento de forma contínua e acelerada. É uma planta exigente em relação ao clima, principalmente à temperatura e à umidade: para seu desenvolvimento são recomendados índice pluviométrico mensal de 100 mm e temperatura média de 27 °C. A oscilação desses índices pode implicar na redução do desenvolvimento da planta. O período entre o plantio até a colheita do fruto pode variar de 12 a 18 meses (SCARPARE FILHO et al., 1998).

A bananeira é um vegetal herbáceo completo, com raiz, caule (rizoma), pseudocaule (falso caule), folhas, flores e, em alguns casos, semente (SILVA, 1998).

Inicialmente, as raízes da bananeira são fasciculadas e, quando se tornam maduras, apresentam-se suberosas. As raízes apresentam comprimento variável, podendo atingir de 5 a 10 m, dependendo do genótipo e das condições edáficas. Em geral, 70% das raízes são encontradas a uma profundidade de até 20 cm. O rizoma é definido morfológicamente como um caule horizontal que desenvolve folhas na parte superior e raízes adventícias na parte inferior. O rizoma é constituído de duas partes: o córtex, que tem a função de proteção e o cilindro central, de onde o sistema radicular e a parte aérea originam-se. Cortando um rizoma longitudinalmente, observa-se a gema apical de crescimento localizada no centro de uma região de formato cônico, denominada colo da bananeira (LIMA; SILVA; FERREIRA, 2003).

O rizoma, ou caule verdadeiro da bananeira, é subterrâneo e atrofiado (RUGGIERO, 1984), emitindo brotações laterais denominadas rebentos (CHAMPION, 1975). Apresenta, na região inferior, forma semiesférica e, na parte superior, uma forma cônica, que se alonga à medida que a planta se torna mais velha. Todas as demais estruturas da bananeira se apoiam nele e no centro do cilindro central do rizoma há um conjunto de células meristemáticas, denominado gema apical de crescimento, responsável pelo desenvolvimento aéreo da planta (PADOVANI, 1986).

O rizoma, no início, origina um número de 30 a 70 folhas e, simultaneamente a cada uma, forma também os primórdios de uma gema lateral (MOREIRA, 1987). Logo, o número de gemas laterais é idêntico ao de folhas produzidas e, teoricamente, é possível a formação de rebentos em igual número ao das folhas, mas, em condições de campo, apenas de 15 a 20 se desenvolvem (MOREIRA, 1995).

O pseudocaule da bananeira é formado pelas bainhas das folhas (SOTO BALLESTERO, 1992) e pode chegar a até 8 m de altura (MOREIRA, 1987).

O pseudocaule é um estirpe ou “tronco” com formato de um cilindro irregular, formado pela sobreposição das bainhas foliares, apresentando, em seu interior, o “palmito”, ou coração central, também conhecido como talo floral, conforme se observa na Figura 1. No prolongamento das bainhas foliares encontram-se as folhas. O cacho é composto de engaço, ráquis, pencas de bananas e botão floral ou “coração” (MEDINA, 1961).

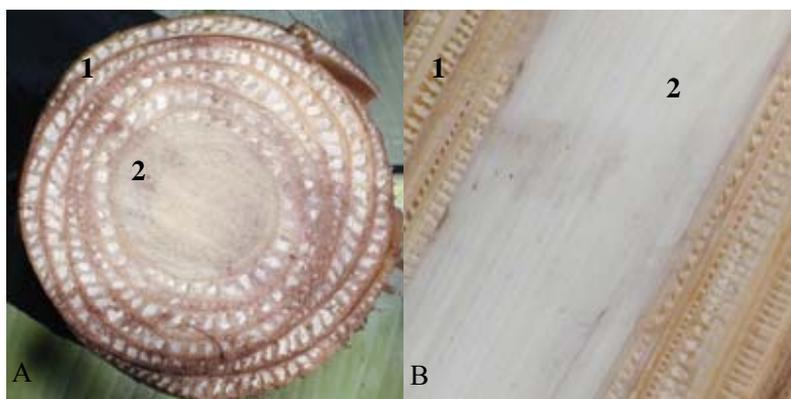


Figura 1 Corte transversal (A) e longitudinal (B) do pseudocaule: 1. Bainhas foliares; 2. Talo floral

Fonte: Oliveira, A. (2007)

De acordo com Champion (1968), o pseudocaule da bananeira pode chegar até 6 ou 8 m de altura, apresentando formato cilíndrico, rígido e reto. Esta medida determina a altura da planta, tomando-se de uma posição rente ao solo, até o topo da roseta foliar. O diâmetro do pseudocaule na região da base, medidos a 30 cm do solo, pode variar de 10 a 50 cm. Seu diâmetro, na parte superior, pode também atingir quase as mesmas dimensões da base, mas, em geral, é equivalente a apenas 80%. Quando se faz referência ao diâmetro de uma

bananeira, normalmente, se refere àquele medido a 100 cm do solo. Seu peso pode oscilar de 10 a 100 kg (MOREIRA, 1999).

No prolongamento das bainhas foliares encontram-se as folhas. Os tamanhos das partes da bananeira dependerão da espécie, das condições climáticas e dos tratos culturais (SOFFNER, 2001).

O desenvolvimento das folhas é iniciado a partir do ponto de crescimento do rizoma, sendo que cada uma se desloca por todo o interior do pseudocaule, emergindo enrolada na forma de vela (SIMMONDS, 1966). A cada 7 ou 11 dias ocorre o aparecimento de uma nova folha (BORGES; SOUZA; ALVES, 2000) e cada uma apresenta um tempo de vida de 100 a 200 dias (RUGGIERO, 1984), sendo constituída de bainha, pecíolo, limbo foliar, nervuras e aguilhão (MOREIRA, 1987).

A quantidade de folhas varia de acordo com a cultivar, oscilando de 30 a 70. A quantidade de folhas é bastante dependente das condições de solo e da temperatura: quanto mais favoráveis estas condições, maior a quantidade de folhas. Próximo ao lançamento da inflorescência, a bananeira emite de três a quatro folhas menores (MOREIRA, 1987) e, após a emissão do cacho, produz uma última folha atrofiada, denominada “pitoca”, a qual tem a função de proteção.

A bananeira tem inflorescência terminal, que emerge do centro do pseudocaule até o topo das bainhas (SOTO BALLESTERO, 2008). A inflorescência é denominada de rácimo ou cacho (MANICA, 1997).

A colheita dos primeiros cachos de banana pode variar entre as diferentes variedades. Para *Musa Cavendish*, a primeira colheita pode ser feita aos 12 meses de idade; a segunda, aos 18 meses e a terceira, aos 24 meses. Após este período, o bananal é denominado bananal velho e as colheitas são feitas a cada 12 meses (INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS - ITAL, 1985).

O desbaste é uma prática que deve ser feita após a retirada do cacho da bananeira e consiste na eliminação dos rebentos ruins. Essa escolha deve ser feita quando os rebentos estiverem com dois meses de idade, devendo ser escolhidas três plantas para formarem o agrupamento, sendo a maior a planta mãe; a do meio, a filha e a menor de todas, a neta. Assim, o pseudocaule eliminado após a colheita do cacho é a planta mãe, a planta filha se transforma em planta mãe, que crescerá e dará frutos, e a planta neta é escolhida para a continuação deste processo. Foi demonstrado, em estudos, que o corte do pseudocaule é favorável à precocidade da produção e que a conservação das folhas no pseudocaule depois da colheita dos cachos no bananal é uma prática agrícola que atrasa a produção (ITAL, 1985).

3.1.2 Importância econômica da cultura da bananeira

O cultivo da banana é mundial, mas sua produção se concentra em alguns países, como Índia, China, Filipinas, Brasil, Equador e Indonésia, que detém 65,6% da produção mundial. O Brasil se destacou como o quarto maior produtor mundial de banana em 2008, produzindo cerca de 7,11 milhões de toneladas (FAO, 2010).

A cultura da banana está distribuída em todo o território nacional, participando com significativa importância na economia de vários estados brasileiros, podendo-se destacar as seguintes regiões produtoras: Vale do Açu, no Rio Grande do Norte; Petrolina, em Pernambuco; Bom Jesus da Lapa, na Bahia, além do norte de Minas Gerais; do Vale do Ribeira, em São Paulo e do norte de Santa Catarina (ALMEIDA, 2011).

Em 2008, segundo dados da FAO (2010), a banana foi a segunda fruta mais produzida mundialmente, com 90,7 milhões de toneladas, ficando atrás da melancia, com um total de 98,4 milhões de toneladas. Baseia-se esta colocação

ao quantificar as espécies de citros separadamente, sendo que a bananeira passaria para a terceira colocação, se considerarmos a produção de citros em geral.

No Brasil, a banana fica atrás, apenas, da produção de laranja como fruta mais produzida, em torno de 7,1 milhões de toneladas, em 510 mil hectares de área cultivada (ANUÁRIO..., 2010).

Em 2009, o segundo maior produtor nacional foi o estado de São Paulo, produzindo 1,23 milhão de toneladas, em 56 mil hectares (ANUÁRIO..., 2010). O estado da Bahia apresenta a maior produção nacional, porém, apresenta produtividade bem inferior à paulista, de 15,46 t/ha e 21,78 t/ha, respectivamente.

A espécie *Musa textiles*, ou abacá, é cultivada, principalmente, para a produção de fibras têxteis de seu pseudocaule, pois seu fruto não é explorado para consumo humano. Essa fibra é conhecida comercialmente como abacá ou cânhamo-de-manila. Além das Filipinas, é cultivada, comercialmente, em menor escala, em Bornéu, em Sumatra e em alguns países da América Central. Nas Ilhas Filipinas, o abacá era utilizado para a manufatura de tecidos para roupas em geral. Essa fibra é muito indicada para a produção de produtos artesanais, como bolsas, sacolas e chapéus. Os pseudocaulos de bananeiras frutíferas também têm fibras têxteis, que podem ser exploradas comercialmente (HIROCE, 1972; JARMAN et al., 1977; MEDINA, 1959).

3.1.3 Resíduos do cultivo da bananeira

No Brasil, a denominação de “resíduo sólido” inclui as descargas de materiais sólidos provenientes das atividades comerciais, industriais, agrícolas e das atividades da população (FIGUEIREDO, 1995). Um material deixa de ser resíduo pela sua valorização como matéria-prima, podendo ser utilizado na

produção de novos produtos. Neste caso, o resíduo passa a ser tratado como subproduto do processo produtivo (VALLE, 1995). Em países tropicais, os resíduos gerados pela agroindústria da fibra vegetal podem representar importante fonte de matéria-prima para o setor construtivo, levando em consideração as quantidades disponíveis e a dispersão geográfica, haja vista os custos de coleta e transporte (JOHN, 1997).

De acordo com Pauleski et al. (2007), com a crescente demanda mundial por alimentos, busca-se também um aumento da produtividade e das áreas cultivadas. Porém, o volume colhido passa por vários processos de beneficiamento. Durante esses processos, grande parte do produto é descartada como resíduo, muitas vezes, sem utilização adequada. Os resíduos estão se tornando um problema ambiental, uma vez que são produzidos em grande escala e, normalmente, apresentam dificuldade de decomposição.

Em geral, a quantidade de resíduos gerados pelas culturas agrícolas é muito maior que a quantidade de material utilizada para fins alimentícios. Dentre os possíveis usos desses resíduos, que são cascas, folhas e palhas, destaca-se a sua transformação, por meio de bioconversão, em matéria orgânica para incorporação ao solo, e de alimentos para os ruminantes, como o feno ou o ensilado, ou, mesmo, a sua utilização como substrato para a produção de biomassa proteica de fungos e de leveduras (TAGLIARI, 2003).

Na produção da banana é gerada uma grande quantidade de resíduos, que são pseudocaule, folhas, engaço e ráquis. Moreira (1987) estimou que um bananal conduzido de maneira convencional pode fornecer até 200 t ha/ano de restos de cultura. Os restos vegetais, deixados após a colheita, permanecem no bananal, a fim de serem fontes de matéria orgânica para as plantas que estão em desenvolvimento (GALLO et al., 1972; PURSEGLOVE, 1972).

Normalmente, o pseudocaule é mantido o mais comprido possível, até 45-50 dias após o corte do cacho, com o objetivo de favorecer o

desenvolvimento dos rebentos (MOREIRA, 1987), enquanto as folhas velhas podem servir de cobertura para o solo e agir no controle de plantas daninhas, e, posteriormente, auxiliar na incorporação de matéria orgânica ao solo.

De acordo com Souza et al. (2010), de cada 100 kg de frutas colhidas, 46 kg não são aproveitados. Além desse rejeito, a cultura da banana gera outros resíduos no campo, provenientes da sua industrialização. Segundo Souza (2008), a quantidade de resíduos gerados a partir da cultura da banana é abundante: para cada tonelada de fruto produzida são geradas dez toneladas de resíduos.

De acordo com Soffner (2001), após a colheita da banana, esta atividade pode gerar, em matéria seca, cerca de 8 t/ha de pseudocaule, 4,7 t/ha de folha, 0,7 t/ha de engaço e 0,3 t/ha de botão floral ou coração.

De acordo com Blanco Rojas (1996), devido à sua alta concentração de umidade, cerca de 93%, apresenta rápida decomposição. Sua composição química favorece a proliferação de insetos e de microrganismos biodegradadores. O acúmulo de engaço gera sérios problemas ambientais e fitossanitários, pelo grande volume gerado.

O pseudocaule e as folhas, normalmente, são utilizados para a proteção do solo. Já o engaço não é aproveitado, sendo descartado no processo de separação das pencas na casa de embalagem e disposto sobre o solo, geralmente em área urbana, ou descartado no lixo doméstico (SOFFNER, 2003).

Na atividade bananicultura, após a colheita, o cacho é conduzido para outros locais e as demais partes da planta, como o pseudocaule, folhas e coração, normalmente, permanecem no bananal, sendo utilizadas como cobertura morta para o solo, a fim de manter a umidade e proteger contra a erosão. Porém, o acúmulo deste material no bananal favorece o desenvolvimento de biodeterioradores e animais peçonhentos (SILVA, 1998).

Levando-se em consideração a taxa do consumo mundial, além do fato de que o pseudocaule da bananeira na fase adulta chega a atingir de 1,2 a 8,0 m

de altura (MANICA, 1997), com peso oscilando de 10 a 100 kg (MOREIRA, 1999), verifica-se que as toneladas e mais toneladas dos resíduos da bananeira, principalmente as folhas e o pseudocaule, tendem a ser, em grande parte, desperdiçadas ou utilizadas como adubo orgânico.

Esses resíduos podem ganhar diversos fins, tais como geração de energia por meio de queima direta, utilização na compostagem, confecção de pellets, briquetes e painéis reconstituídos, dentre outros.

Na Figura 2 observa-se o fluxograma da geração de resíduos da atividade bananicultora.

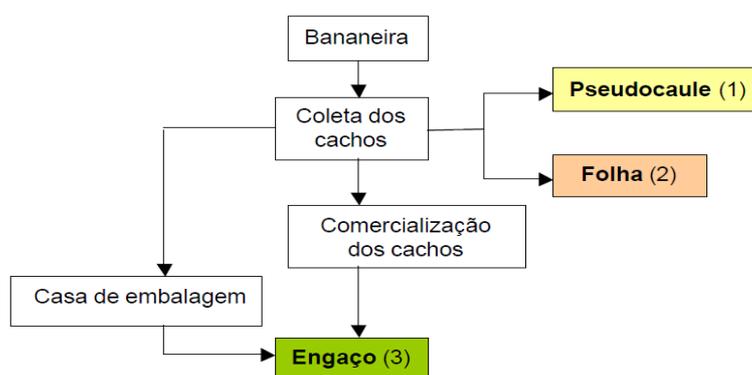


Figura 2 Fluxograma da geração de resíduos da bananicultura

Adaptado de Soffner (2001)

3.1.4 Caracterização anatômica do pseudocaule da bananeira

Ao microscópio, as plantas têm estrutura complexa, diferindo entre si pelo número e o tipo de células que possuem. À semelhança das outras plantas monocotiledóneas, as várias partes morfológicas da bananeira apresentam uma estrutura anatômica distinta, possuindo, cada uma delas, elementos morfológicos característicos, consoante a função que desempenham.

A Figura 3 é uma micrografia da seção transversal horizontal do pseudocaule da bananeira. Nesta micrografia, uma estrutura de filme (película) com muitas aberturas pode ser observada. Estes filmes dividem o pseudocaule em inúmeros elementos de retenção de água. Os diâmetros dos furos no filme variam de 20 a 40 μm , de acordo com a sua localização. Esta estrutura de filme é, supostamente, para controlar o transporte e a distribuição de água em todo o pseudocaule da bananeira, o que torna a planta tolerante a altas temperaturas (LI et al., 2010).

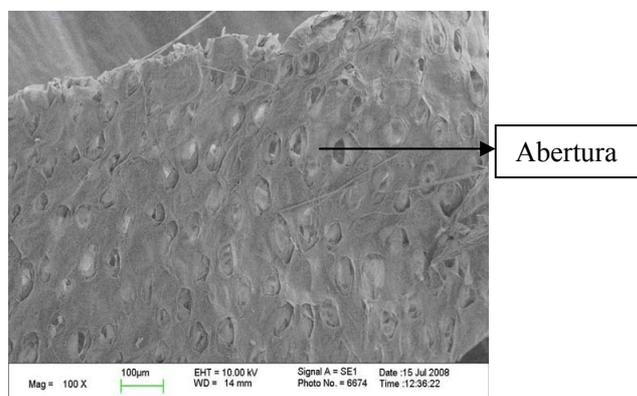


Figura 3 Seção transversal do pseudocaule da bananeira
Fonte: Li et al. (2010)

As fibras das bainhas foliares consistem, principalmente, de fibras multicelulares e estas são constituídas por quatro tipos de células: xilema, floema, esclerênquima e parênquima. A forma das células varia desde circular a poligonal, com bordos arredondados ou circulares a elípticos (Figura 4) (KULKARNI et al., 1983).

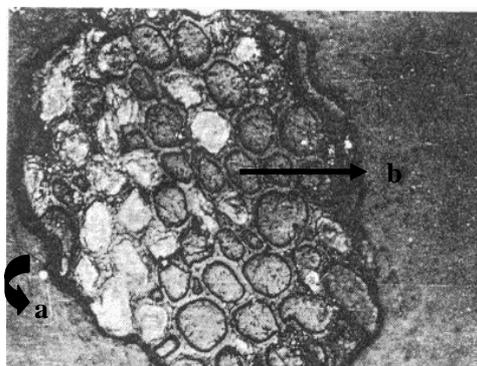


Figura 4 Secção transversal de uma fibra de bananeira extraída das bainhas foliares da *Musa sapientum*. A fibra é multicelular, apresentando paredes celulares delgadas e lúmen grande ($\times 320$) (KULKARNI et al., 1983), sendo a) esclerênquima e b) parênquima

De acordo com Kulkarni et al. (1983), as células das fibras das bainhas foliares do pseudocaule da *Musa sapientum* apresentam, normalmente, diâmetro de 18-30 μm , com parede celular aparentemente fina (1,25 μm) e uniforme. À semelhança de outras fibras vegetais, a celulose cristalina das fibras de bananeira de diâmetro de 100 a 200 μm encontra-se na forma de uma hélice, com um ângulo de 11° a 12°.

Nas Figuras 5 e 6 observam-se as micrografias ópticas da bainhas do pseudocaule da bananeira obtidas por Li et al. (2010). Na Figura 5 é clara a abundância de células parenquimáticas presentes no pseudocaule da bananeira, o que provocou um elevado teor de cinzas e efeitos negativos sobre a polpação e sobre o processo de fabricação de papel. Na Figura 6 nota-se que a fibra do pseudocaule da bananeira é estreita, apresentando estrutura segmentada (B na Figura 6). A fibra apresenta forma regular e o final é nítido (A na Figura 6), o que concorda com as características típicas de fibras liberianas (WANG, 1999).



Figura 5 Células parenquimáticas
Fonte: Li et al. (2010)

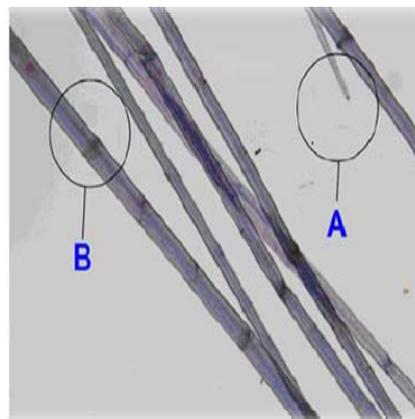


Figura 6 Fibra do pseudocaule
Fonte Li et al. (2010)

As bainhas foliares e a medula apresentam diferenças anatômicas claras. Segundo Li et al. (2010), a região da medula do pseudocaule não apresenta fibras elementares. No miolo da bananeira, há somente fibras estreitas que formam alguns tubos, em vez de feixes de fibras. Esta estrutura é considerada como tendo um efeito positivo sobre o transporte de água na medula.

Essas fibras com diâmetros na faixa de 3 a 5 μm são muito mais estreitas do que as fibras elementares. Na Figura 7, tanto as fibras elementares quanto as estreitas podem ser visualizadas. O diâmetro da fibra elementar é de 21 μm , enquanto o diâmetro de uma fibra estreita é de apenas 6 μm . Estes resultados são compatíveis com as observações feitas por Ganan, Zuluaga e Velez (2004).

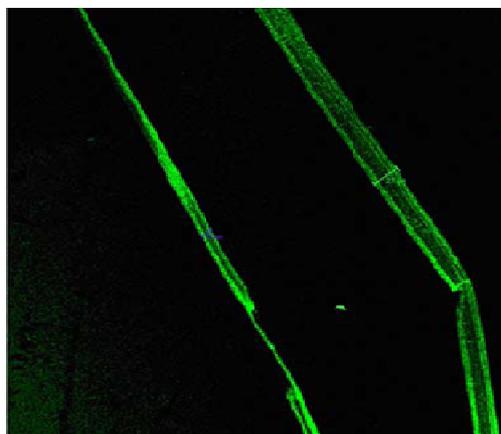


Figura 7 Fibra do pseudocaule e fibra da medula da bananeira (x 400)
Fonte: Li et al. (2010)

3.2 Caracterização química e físico-mecânica de algumas fibras vegetais

As fibras naturais são aquelas que são encontradas na natureza e utilizadas *in natura* ou, mesmo, após certo grau de beneficiamento, podendo ser de origem animal, mineral ou vegetal. As fibras vegetais, dentre as demais fibras, têm conseguido ampliar de forma significativa suas aplicações nos mais diversos setores da indústria (MORASSI, 1994).

Fibras vegetais podem ser retiradas de diferentes partes da planta, como caule (juta, malva, bagaço de cana-de-açúcar, bambu), folhas (sisal, bananeira, abacaxi, curauá), fruto (algodão, coco verde e maduro), tronco (madeira) e outros. Devido a isso, elas diferem consideravelmente entre si, entretanto, apresentam em comum o fato de serem constituídas, basicamente, por três componentes: celulose, lignina e polioses (FENGEL; WEGENER, 1989; ROWELL; HAN; ROWELL, 2000).

Segundo Ghavami e Tolêdo Filho (1992), as fibras vegetais apresentam como desvantagens: baixo módulo de elasticidade, alta absorção de água e, se

não forem tratadas, podem sofrer ataques de fungos e insetos, além de apresentar grande variabilidade em suas propriedades para uma mesma espécie de fibra vegetal.

As fibras das monocotiledôneas apresentam, como características, serem finas, cilíndricas e terminadas em ponta aguçada. As dimensões são variáveis de acordo com as espécies e o órgão de onde provêm (MELO, 1973).

É possível extrair vários tipos de fibras do pseudocaule da bananeira, cada uma com suas características próprias. A camada do pseudocaule é constituída por três partes (Figura 8): capa (externa), seda (interna) e renda (intermediária). A camada externa é a mais grossa, sendo utilizada para trabalhos que requerem maior resistência do material. A parte interna é a mais fina, indicada para acabamentos. A camada intermediária é a ideal para ornamentar (BASTOS, 2010).



Figura 8 Camadas do pseudocaule de bananeira
Fonte: Souza e Oliveira (2006)

De acordo Justiz-Smith et al. (2008), as fibras de pseudocaule de bananeira apresentam elevados módulo de elasticidade e capacidade de absorção de água, resistência elevada à tração e rigidez, o que indica um material de fibra promissor.

Por ser um vegetal de fibra longa, com comprimento médio de 4 mm e largura média de 40 μm (ROJAS, 1996), o pseudocaule da bananeira permite a fabricação de um papel bem resistente ao rasgo, se comparado aos papéis de imprimir e escrever produzidos em escalas industriais.

Rojas (1996) encontrou, nas fibras da ráquis de bananeira, um material com boa flexibilidade, superfície de contato excelente para a união fibra-fibra e comprimento médio de 3,6 mm. Para as fibras obtidas do pseudocaule de bananeira, o valor médio encontrado foi de 4,0 mm, enquanto, na bainha foliar, foram encontrados valores de até 5 mm de comprimento.

Para a umidade, Coelho, Mata e Braga (2001) encontraram, no pseudocaule, valores que chegaram a 92,60%. Em relação à composição química, Rojas (1996) encontrou teor de celulose de 53,5% em base seca no ráquis e 62,7% em base seca no pseudocaule, além do baixo teor de lignina (12,7%-base seca) neste último.

Na Tabela 1 é mostrada a composição de alguns materiais lignocelulósicos.

Tabela 1 Composição química de alguns materiais lignocelulósicos. Adaptado de Reddy e Yang (2005)

Materias Lignocelulósicos	Celulose (%)	Hemicelulose (%)	Lignina (%)	Cinzas (%)
Forragem de milho	38-40	28	7-21	3,6-7
Fibra de coco	36-43	0,15-0,25	41-45	2,7-10,2
Fibra de bagaço	32-48	19-24	23-32	1,5-5
Fibra de bananeira	60-65	6-8	5-10	4-7
Palha de trigo	33-38	26-32	17-19	6-8
Palha de arroz	28-36	23-28	12-14	14-20
Palha de cevada	31-45	27-38	14-19	2-7

Conforme se observa na Tabela 1, a composição destes materiais é muito variável; o maior componente é a celulose (28%-65%), seguido de hemicelulose (0,15%-38%) e lignina (5%-45%) (SAHA, 2003). Cinzas, compostos fenólicos, ácidos graxos e outros constituintes, denominados extrativos, compõem a fração remanescente destas biomassas vegetais (OLIVEIRA, A., 2007).

A seguir, na Tabela 2, são apresentados os valores de massa específica básica e composição química das madeiras de cipreste, pinus e eucalipto. Verifica-se, ao comparar os dados das Tabelas 1 e 2, que os resíduos lignocelulósicos analisados apresentam, em relação ao teor de celulose, valores próximos aos encontrados para a madeira, com exceção da fibra da bananeira, que apresentou valores superiores. Para hemicelulose, os valores encontrados para fibra de coco e bananeira foram bastante inferiores aos encontrados para os resíduos e para a madeira. Verifica-se também, em relação à madeira e aos outros resíduos, que a fibra de bananeira e a forragem de milho apresentam baixo teor de lignina.

Tabela 2 Massa específica básica e composição química das madeiras de cipreste, pinus e eucalipto

Espécie	Massa específica			%		
	(g/cm ³)	Extrativos	Holocelulose	Celulose	Hemi	Lignina
Cipreste ¹	0,41	1,1	75,9	40,4	35,5	32,00
Pinus ²	0,39	5,8	66,4	-	-	27,8
Eucalipto ³	0,60	6,4	76,2	47,8	28,4	28,5

¹Dados extraídos de Okino et al. (2006). Extrativo e álcool-tolueno

² Dados extraídos de Mendes (1993) para o *Pinus taeda* com 18 anos de idade. Dados de extrativo totais

³ Dados extraídos de Botelho (1997). Extrativos em álcool-tolueno

Na Tabela 3 são apresentadas as características físicas e mecânicas de algumas fibras vegetais. Observa-se que a fibra de bananeira apresenta alta absorção de água, em comparação aos demais resíduos lignocelulósicos, entretanto, ficando próxima dos valores de absorção encontrados para celulose de pinus. Apresenta também baixo alongamento na ruptura e alta resistência à tração e alto módulo de elasticidade, em comparação com os demais resíduos.

Tabela 3 Características físicas e mecânicas das fibras vegetais

Propriedades	Massa espec. real (kg/m ³)	Absorção máxima(%)	Alongamento na ruptura(%)	Resistência à tração (MPa)	Módulo de elastic. (Gpa)
Coco (<i>Cocos Nucifera</i>)	1177	93,8	23,9 a 51,4	95 a 118	2,8
Sisal(<i>Agave sisalana</i>)	1370	110,0	4,9 a 5,4	347 a 378	15,2
Malva (<i>Urena lobata</i>)	1409	182,2	5,2	160	17,4
Celulose para papel impresa (<i>Pinus ellioti- princ</i>)	1200 a 1500	400	nd	300 a 500	10 a 40
Bambu (<i>Bambusa vulgaris</i>)	1158	145	3,2	73 a 505	5,1 a 24,6
Juta (<i>Corchorus capsularis</i>)	nd	214	3,7 a 6,5	230	nd
Piçava (<i>Attalea funifera</i>)	1054	34,4 a 108	6	143	5,6
Banana (<i>Musa cavendishii</i>)	1031	407	2,7	384	20 a 51

Fontes: Agopyan (1991), adaptado de Nolasco et al. (1998), Savastano Júnior, Nolasco e Oliveira (1997) e Swamy (1988)

nd = informação não disponível

Segundo Chand, Tiwary e Roghati (1988), a resistência à tração e o módulo de elasticidade das fibras são diretamente proporcionais ao teor de celulose e inversamente proporcionais ao ângulo das microfibrilas. Já o alongamento máximo de ruptura aumenta com o ângulo, pois é maior o trabalho de fratura necessário para o estiramento das microfibrilas.

3.3 Painéis aglomerados

A indústria de painéis aglomerados surgiu na Europa, com a finalidade de promover o aproveitamento dos resíduos industriais e das serrarias (ROQUE, 1998). No Brasil, entretanto, são utilizados, preferencialmente, cavacos de madeira de floresta plantada, o que determina, inclusive, uma melhor qualidade de produto, tendo em vista o melhor controle de homogeneidade da matéria-prima (HILLIG; HASELEIN; SANTINI, 2002).

Recentemente, assuntos relacionados às especificações e à normatização deste produto têm sido discutidos, a fim de consolidar a terminologia *medium density particleboard* (MDP), ou painéis de partículas de média densidade. Além disso, o desenvolvimento de novas tecnologias, bem como as etapas do processo produtivo, tem sido estudado, a fim de proporcionar melhorias quanto às propriedades e à qualidade do produto final (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2002).

O painel aglomerado caracteriza-se pela transformação da madeira em pequenas partículas que, secas e misturadas com adesivo sintético e distribuídas aleatoriamente entre si, são prensadas sob calor e pressão, gerando um painel particulado. O painel aglomerado pode ser pintado ou revestido com vários materiais, destacando-se papéis impregnados com resinas melamínicas, papéis envernizáveis e lâminas ou folhas de madeira natural (IWAKIRI et al., 2005).

De acordo com Haselein et al. (2002), o termo partícula é definido, no padrão ASTM D1554 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM, 1999), como o componente agregado de uma chapa de partículas de madeira ou outro material lignocelulósico, incluindo todas as menores subdivisões da madeira, fabricadas por meios mecânicos. Os tipos de partículas mais comumente utilizados nos processos de composição de chapas são flocos, maravalhas e fibras, empregadas em tamanhos variados (HASELEIN, 2002).

Segundo Bernardi (2006), o painel de madeira aglomerada pode ser considerado um dos mais bem sucedidos painéis já criados, ficando atrás apenas do *medium density fiberboard*, ou MDF, para algumas aplicações.

A importância desse tipo de chapa reside na possibilidade de substituição da madeira maciça e do painel compensado, os quais necessitam de melhor qualidade de matéria-prima. Chapas aglomeradas podem ser fabricadas

valendo-se de toras de pequeno diâmetro, resíduos e madeira com menor densidade (HILLIG; HASELEIN; SANTINI, 2002).

O aproveitamento do material residual pelas indústrias é fundamental, possibilitando produzir de maneira ecologicamente correta e conservando a qualidade do produto final (PEDRAZZI, 2005).

Maloney (1993) relata que os particulados apresentam as seguintes vantagens em relação à madeira maciça: minimização dos efeitos de anisotropia, possibilidade de eliminação de fatores que diminuam a resistência da madeira e menores exigências no que se refere à matéria-prima (possibilidade de utilização de madeira com nós, tortuosidade e, até mesmo, utilização de resíduos lignocelulosicos); por meio do controle das variáveis de produção, podem-se adequar às propriedades físico-mecânicas do painel, além da possibilidade de utilização de madeira de reflorestamento na sua confecção.

Os painéis aglomerados são utilizados para uso interno, principalmente para fabricação de móveis, divisórias e componentes de aparelhos eletroeletrônicos. As limitações, em termos de resistência mecânica e estabilidade dimensional do aglomerado, podem ser melhoradas por meio de inclusão de lâminas na sua composição estrutural, nas camadas externa e interna da chapa (IWAKIRI et al., 1999).

3.3.1 Fatores que interferem nas propriedades dos painéis aglomerados

Kelly (1977) e Moslemi (1974) destacam que a qualidade dos painéis aglomerados está relacionada com a interação de diversos fatores, dentre eles, a matéria-prima (espécie, massa específica, geometria das partículas, acidez e teor de extrativos), a razão de compactação (relação entre a massa específica da madeira e a do painel produzido), o adesivo (tipo, quantidade e qualidade), o

teor de umidade do colchão e o sistema de prensagem (pressão, temperatura, tempo de fechamento da prensa e tempo de prensagem).

3.4 Tratamento químico das fibras vegetais

As propriedades das fibras podem ser melhoradas por meio de tratamentos superficiais e modificações dos compostos constituintes propriamente ditos. Modificações das superfícies alteram propriedades como aderência e absorção de umidade, e modificações dos constituintes alteram propriedades de equilíbrio, tais como instabilidade dimensional com a variação da umidade (MOTTA, 2005).

Algumas frações de hemiceluloses se tornam parcial ou totalmente solúveis em água, depois de terem sido extraídas com álcali. Soluções alcalinas de hidróxido de sódio e potássio são as mais utilizadas para a extração de hemiceluloses (AZUMA; NOMURA; KOSHIJIMA, 1985).

De acordo com Christiansen (1990) e Hancock (1962), em uma quantidade substancial de pesquisas abordou-se a influência dos extrativos sobre as propriedades adesivas de madeira. Em compósitos de madeira aglomerada com resinas convencionais do tipo fenol-formaldeído, constatou-se que a força de ligação decresce com o aumento da presença de extrativos na superfície da madeira.

Os extrativos são removidos durante os tratamentos químicos alcalinos (BLEDZKI; GASSAN, 1999). Estes compostos podem influenciar negativamente a compatibilidade química entre fibras e matriz polimérica, visto que muitos deles são ácidos graxos e compostos fenólicos (CHAND; VERMA; KHAZANCHI, 1989; TITA; PAIVA; FROLLINI, 2002).

Liu e Rials (1998) realizaram extração na madeira com acetona, água, diclorometano, etanol e benzeno e constataram que todos removeram

parcialmente e seletivamente alguns dos extrativos, resultando, assim, em um aumento da energia superficial da madeira e, conseqüentemente, melhorando a molhabilidade, que afeta a qualidade da colagem.

Marcati e Della Lucia (1996) realizaram lavagem com NaOH na superfície da madeira de angico-vermelho, com a intenção de eliminar o excesso de extrativos e propiciar à junta uma melhor colagem. Constataram que, com este procedimento, aumentou significativamente a resistência ao cisalhamento, quando utilizaram o adesivo PVAc.

Kaddami et al. (2006) afirmam que a fibra, quando tratada com hidróxido de sódio, resulta em uma redução significativa do teor de hemicelulose e uma pequena redução de lignina, o que acaba por influenciar as propriedades mecânicas dos compósitos.

Yasar et al. (2010) trataram partículas de caule de videira com ácido acético 1%, hidróxido de sódio 1% e água destilada, visando à produção de painéis aglomerados. Os autores verificaram que o teor de extrativos e lignina diminuiu em todos os tratamentos, melhorando as propriedades das chapas.

Mwaikambo e Ansell (2002) trataram fibras de cânhamo, juta, sisal e capoque com várias concentrações e constataram que a concentração de 6% de NaOH foi a ideal, em termos de separação de fibras, sem alteração no índice de cristalinidade das fibras.

Em muitos casos, os pré-tratamentos das fibras vegetais com agentes modificadores adequados são realmente necessários, aumentando a molhabilidade das fibras pela matriz. Como resultado disso, a dispersão e as propriedades mecânicas são melhoradas. As modificações químicas ou físicas das superfícies das fibras devem ser feitas de acordo com o tipo de matriz polimérica (RAJ; KOKTA, 1992).

A desagregação das fibras pode ocorrer em um nível molecular, devido ao rompimento de ligações hidrogênio entre as cadeias celulósicas vizinhas, o

que reflete num rearranjo dos feixes de fibras. O tratamento alcalino exerce maior influência nas polioses (hemiceluloses) e na lignina (GASSAN; BLEDZKI, 1999).

Pode-se, também, melhorar a estabilidade dimensional da madeira e derivados, reduzindo os sítios de adsorção. Entre os vários processos químicos de tratamento da madeira com essa finalidade está a acetilação (ROWELL, 2007). Segundo Imamura et al. (1989), a adsorção de vapor de água pode ser reduzida, melhorando a estabilidade dimensional e a resistência à biodeterioração, acetilando-se as partículas de madeira.

A acetilação bloqueia os grupos hidroxílicos, impedindo a formação de ligações de hidrogênio com a molécula de água, reduzindo a higroscopicidade (ROWELL, 2005) da madeira, tornando-a dimensionalmente mais estável (FEIST; ROWELL; ELLIS, 1991; VICK; ROWELL, 1990). Segundo Rowell (1994), os grupos hidroxila são substituídos por grupos acetil. Durante a reação dos compostos da parede celular com o anidrido acético, é formado ácido acético como subproduto. Contudo, a acetilação pode reduzir a adesão entre as partículas de madeira, prejudicando algumas propriedades mecânicas das chapas (OKINO et al., 1997; ROWELL; YOUNGQUIST; SACHS, 1987; VICK; ROWELL, 1990; YOUNGQUIST; ROWELL, 1990). Ainda, segundo Rowell (2005), a redução na umidade de equilíbrio higroscópico das chapas de compósitos pode contribuir para que ocorra apenas pequena alteração nas propriedades das chapas de compósitos.

Kapulskis, Jesus e Innocentini-Mei (2005) realizaram uma pesquisa visando obter compósitos à base de poli- β -hidroxibutirato e fibras naturais, de coco e de sisal, verificando a viabilidade e a eficiência dos métodos de tratamento químico nas fibras. A acetilação com anidrido acético foi escolhida como método de modificação da hidrofiliabilidade das fibras. O ácido acético foi utilizado com a finalidade de promover intumescimento das fibras, facilitando a

penetração do anidrido acético. Verificou-se que a acetilação, realizada nas condições de temperatura e catálise adequadas, mostrou-se um método eficiente para se promover alterações de hidrofiliabilidade e rugosidade de fibras de coco e sisal

Bismarck et al. (2001) caracterizaram fibras de sisal e coco modificadas quimicamente e estudaram seu comportamento quanto à absorção de água. A microscopia eletrônica de varredura foi a ferramenta utilizada pelos autores para mostrar a modificação da morfologia das fibras necessária à produção de compósitos de bom desempenho, baixo custo e amistosos em relação ao meio ambiente.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização do pseudocaule de bananeira antes do tratamento químico

4.1.1 Coleta e preparo do material

Foram coletados pseudocaulos da bananeira no pomar do campus da Universidade Federal de Lavras (Figura 9). A cidade de Lavras está localizada à latitude de 21°14' S e longitude de 45°00' W, à altitude média de 900 m. A precipitação média anual gira em torno de 1.400 mm e a temperatura média anual é de 19,5 °C. As Figuras 9a e 9b ilustram a área de cultivo desta espécie, juntamente com seu corte para posteriores análises.



Figura 9 a) Área do estudo



b) Corte do pseudocaule

Após o corte, o pseudocaule da bananeira foi levado para a Unidade Experimental de Painéis de Madeira (UEPAM) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), onde foi desfibrado manualmente e seco ao ar livre (Figuras 10 e 11).



Figura 10 Pseudocaule inteiro após colheita



Figura 11 Pseudocaule desfibrado para secagem ao ar livre

4.1.2 Caracterização anatômica

O preparo do material macerado foi realizado segundo o método de Franklin (1945). Para tal, foram retirados, com auxílio de um estilete, fragmentos dos corpos de prova secos ao ar livre, no plano longitudinal e tangencial, sendo esses colocados em um recipiente de vidro fechado, com a capacidade de 20 ml, juntamente com 10 ml de uma solução de ácido acético e peróxido de hidrogênio na proporção de 1:1, como pode ser visualizado na Figura 12.



Figura 12 Fibra do pseudocaule armazenada em solução para posterior maceração

A mistura foi mantida para macerar por um período mínimo de 24 horas, em estufa, à temperatura de 60 °C. Após o branqueamento do material, o mesmo foi retirado da estufa e lavado por diversas vezes em água corrente, utilizando-se malha fina para a lavagem.

O material foi lavado com água corrente até a solução macerante ser removida. No intuito de melhor visualizar os elementos dissociados, adicionaram-se três gotas de safranina hidroalcoólica ao macerado.

A mensuração dos constituintes celulares do pseudocaule foi realizada com o auxílio do software *Wincel Regent PRO*, sob uma base amostral de 30 medições de cada característica (ECKBLAD, 1991; FREESE, 1967).

4.1.3 Geração e homogeneização das partículas

O pseudocaule, após seco ao ar livre, foi transformado em partículas “sliver”, por meio do moinho de martelo (Figura 13), com malha de 6 mm.



Figura 13 Geração das partículas “sliver” em moinho de martelo

Posteriormente, essas partículas foram levadas à peneira vibratória para a retirada dos finos e homogeneização das partículas (Figura 14) e secas, em estufa, até 3% de umidade

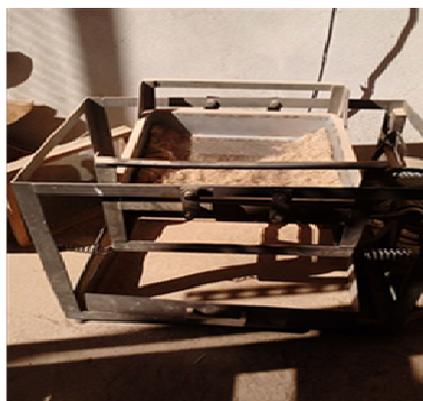


Figura 14 Peneira vibratória

4.2 Tratamentos químicos das partículas

Após sua produção e classificação, as partículas foram tratadas quimicamente. Foram realizados 5 tratamentos, sendo: 1) testemunha (as partículas foram secas até 3% de umidade), 2) tratadas com ácido acético (CH_3COOH) com concentração de 2%, 3) tratadas com hidróxido de sódio (NaOH) com concentração de 0,5%, 4) tratadas acetona e água na proporção de 1/1 em volume e 5) tratadas com água.

As partículas “sliver” ficaram imersas nas soluções químicas por um período de 24 horas, sendo, em seguida, lavadas com água corrente para a remoção do produto. O material foi, inicialmente, seco ao ar livre, por 15 dias e, posteriormente, em estufa, a $100\text{ }^\circ\text{C}$, até 3% de umidade.

Nas Figuras 15 e 16 é apresentado o processo de tratamento e lavagem do material de estudo.



Figura 15 Partículas imersas nas soluções de tratamento



Figura 16 Lavagem do material

4.3 Análise química

Para a caracterização dos componentes químicos foram realizadas amostragens no pseudocaulis a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura, desde a base (0% da altura) até a inserção da primeira folha (100% da altura) no

pseudocaule. Em cada posição relativa à altura do pseudocaule, foram retiradas cunhas opostas, com espessura de 4,0 cm, sendo este material posteriormente misturado para formar uma amostra composta (Figura 17).

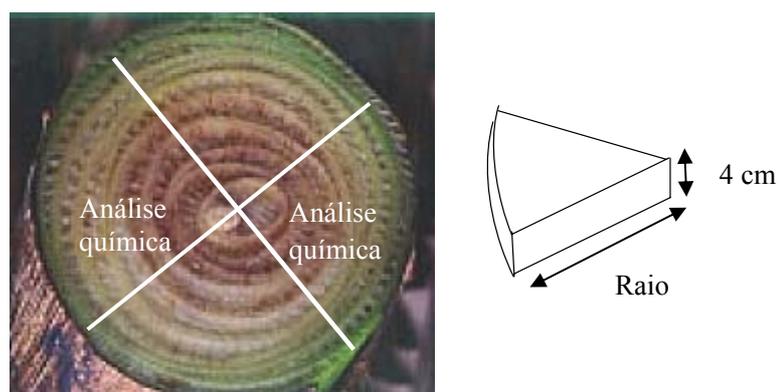


Figura 17 Esquema de amostragem do pseudocaule para análise química

As partículas de pseudocaule da bananeira oriundas de tratamento químico e da testemunha foram secas e levadas para o moinho do tipo Willey, para serem transformadas em serragem. Esta serragem foi separada em peneiras sobrepostas de 40 e 60 mesh, sendo utilizada para análise somente a fração que ficou retida na peneira de 60 mesh, conforme mostrado na Figura 18.



Figura 18 Material sendo peneirado

As amostras foram, posteriormente, armazenadas em frascos e levadas à sala de climatização, em condições de temperatura de 20 ± 2 °C e umidade relativa de $65 \pm 3\%$, até apresentarem massa constante. A análise química foi realizada de acordo com as metodologias e as normas apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 Metodologias para análise química do pseudocaule da bananeira

Componente	Norma
Extrativos totais	NBR 14853 (ABNT, 2010a)
Lignina	NBR 7989 (ABNT, 2010b)
Cinzas	NBR 13999 (ABNT, 2003)
Holoceluloses	Holo (%) = $100 (\%) - (\text{lignina} - \text{extrativos} - \text{cinzas})$

Foram realizadas três repetições para cada análise química. Cada repetição foi obtida da amostra composta de todas as posições do pseudocaule da bananeira.

4.4 Caracterização física

4.4.1 Densidade básica

Para a determinação da densidade básica, os materiais tratados e não tratados foram depositados em béqueres com água para a saturação, sendo, posteriormente, coados em uma peneira para a retirada do excesso de água e, em seguida, imersos em uma proveta contendo água destilada (175 ml), conforme mostrado na Figura 19.



Figura 19 Deslocamento de líquido observado na proveta graduada

O volume deslocado da água corresponde ao volume do material. Logo após este processo, o material foi retirado da proveta e colocado em placas de Petri, para secagem completa em estufa, a 105 °C, por um período de 24 horas. As amostras foram, então, retiradas da estufa e mantidas em dessecador para resfriamento, anteriormente à determinação das suas massas (massa seca).

A densidade básica do material foi calculada utilizando-se a seguinte fórmula:

$$Db = (Ms/Vs) \quad \text{(Equação 1)}$$

em que

Db = densidade básica (g/cm^3);

Ms = massa seca (g);

Vs = volume saturado (cm^3).

4.4.2 Densidade real

Na determinação da densidade real, o volume foi determinado pela variação de volume de gás, com e sem amostra, num recipiente. A picnometria de hélio é o método mais indicado, pois hélio é um gás inerte e o pequeno tamanho de sua molécula possibilita a penetração em poros com dimensões na escala de nanômetros. Nesta análise, o volume dos poros contribui para a acuracidade da medida (STRAIT; RUDE; RUHALA, 1995).

A densidade real da fibra foi determinada por multipicnômetro de gás hélio, marca Quantachrome, Ultrapycnometer 1000, no Laboratório de Construções e Ambiência FZEA/USP (Figura 20).



Figura 20 Multipcnômetro de gás hélio, utilizado na determinação da densidade real

As partículas “sliver” tratadas quimicamente e não tratadas (testemunha) foram secas até 3% de umidade e foram colocadas no porta-amostra do equipamento que, logo depois, ele foi fechado. Posteriormente, foi aberta a chave do gás, até o manômetro marcar 17 psi (libras por polegadas quadradas), ponto em que a chave foi fechada conforme os procedimentos descritos no manual do equipamento. Foram realizadas cinco repetições para cada tratamento.

O gás hélio preencheu o volume da câmara de referência do equipamento ($V_{referencia}$), registrando certa pressão (P_1). Depois, foi acionado o preenchimento da célula ($V_{célula}$) em que estava a amostra, o que gerou uma nova pressão (P_2). Para o cálculo da densidade real média das fibras foram realizadas cinco leituras para cada tratamento.

As fórmulas utilizadas para a determinação da densidade real das fibras estão descritas a seguir.

$$V_p = V_c - V_r \left(\frac{P_1}{P_2} - 1 \right), \quad (\text{Equação 2})$$

em que

V_p = volume da amostra (cm^3)

V_r = volume da referência (cm^3)

P_1 = pressão medida depois da pressurização do volume de referência (PSI)

P_2 = pressão medida depois de incluída V_c (PSI)

4.5 Manufatura dos painéis aglomerados

As partículas “sliver”, depois de classificadas na peneira vibratória e secas até 3% de umidade, foram misturadas com adesivo (ureia-formaldeído 12%), por meio de encolador do tipo tambor giratório. Esta concentração de 12% de adesivo foi escolhida, uma vez que a 9% de adesivo as partículas não encolaram. Logo depois, foram conduzidas a uma caixa formadora do colchão, com as dimensões de 480 mm x 480 mm e 15mm, a fim de ganharem a largura e o comprimento do painel final. O colchão foi conduzido à pré-prensagem, que foi realizada em uma prensa manual, com o objetivo de consolidá-lo, promover maior contato entre as partículas e, conseqüentemente, uma melhor colagem final. Posteriormente, o colchão foi levado a uma prensa hidráulica, para realização da prensagem.

O ciclo de prensagem utilizado foi com a temperatura de 160 °C, tempo de 8 minutos e pressão específica de 4 MPa. Depois de fabricados os painéis, estes foram reduzidos a corpos de prova, utilizando-se uma serra circular. Foram retirados cerca de 2,0 cm de cada extremidade dos painéis. Os corpos de prova foram empilhados e mantidos em câmara de climatização à temperatura de 20±2 °C e 65±3% de umidade relativa, até atingirem massa constante, conforme a Figura 21.



Figura 21 Etapas do processo produtivo dos painéis aglomerados, sendo a) partículas tratadas e secas; b) tambor giratório para encolamento das partículas; c) caixa formadora de colchão; d) pré- pensagem; e) formação do colchão e f) prensagem a quente.

As dimensões e a massa específica nominais, pré-determinadas para os painéis, foram, respectivamente, de 480 mm x 480 mm x 15 mm e 0,70 g/cm³.

4.6 Avaliação das propriedades físicas e mecânicas dos painéis

As dimensões dos corpos de prova e os procedimentos de ensaios empregados na avaliação das propriedades de absorção de água (AA) após 2 e 24 horas de imersão, inchamento em espessura (IE) após 2 e 24 de imersão e ligação interna, foram definidos com base na norma americana ASTM D 1037 (ASTM, 2006). Na determinação da densidade dos painéis, a norma utilizada foi

ABNT (2002). Para a avaliação das propriedades de flexão estática (MOR) e (MOE), foi empregada a norma DIN 52362 (NORMEM FÜR HOLZFASERPLATEN SPANPLATTEN SPERRHOLZ, 1982).

4.7 Delineamento estatístico dos dados

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Para a comparação entre os tratamentos, foi realizado o teste de média de Scott-Knott, a 5% de significância, utilizando-se o programa computacional SISVAR.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização do pseudocaule da bananeira

5.1.1 Caracterização anatômica do pseudocaule da bananeira

Os valores referentes às medidas anatômicas da *Musa* sp. estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 Características anatômicas da fibra de *Musa* sp.

Parâmetros	Comprimento fibra (mm)	Espessura da parede celular da fibra (μm)
Média	2,64	3,12
Máximo	3,78	5,51
Mínimo	1,65	2,13
CV (%)	21,70	25,07

O comprimento médio das fibras analisadas foi de 2,64 mm, sendo o valor máximo encontrado de 3,78 mm e o mínimo, de 1,65 mm.

De acordo com Azzini et al. (1988), o comprimento é a principal característica morfológica das fibras celulósicas, pois ela classifica o material em fibras curtas ou longas. No Brasil, as fibras celulósicas são obtidas, basicamente, de árvores de eucalipto e pinus, fornecedores, respectivamente, de fibras curtas (1,0 mm) e longas (3,5 mm). O resultado encontrado neste trabalho coloca as fibras do pseudocaule em uma posição intermediária entre as referidas fibras. A medição da fibra do pseudocaule da bananeira é mostrada na Figura 22.

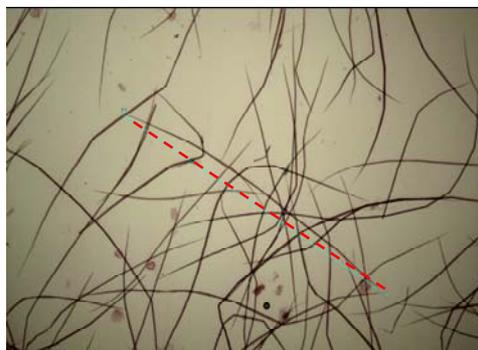


Figura 22 Medição do comprimento da fibra do pseudocaulo da bananeira

Em comparação com fibra da mesma espécie, os valores encontrados ficaram abaixo dos apresentados em literatura. Darkwa (1988) encontrou, para as fibras do pseudocaulo, comprimento médio de 4,0 mm. Alquini (1992), estudando as fibras da *Musa rosaceae*, encontrou comprimento médio de 3,05 mm.

Comparado a outras fibras vegetais, tais como *Bambusa vulgaris*, que apresenta, em média, comprimento de 2,29 mm (GUIMARÃES JÚNIOR; NOVACK; BOTARO, 2010); do bagaço de cana, que apresenta comprimento variando de 0,49-1,30 mm (BARRICHELO; FOELKEL; BRITO, 1976) e da malva, de 1,12 mm (CRONIS, 1985), o pseudocaulo apresenta maior comprimento.

A espessura média da parede das fibras foi de 3,21 μm , variando de 2,13 a 5,51 μm . A espessura está relacionada, principalmente, com a rigidez da fibra (SANTOS, 2005). Em comparação com outras espécies, como *Bambusa vulgaris*, que apresenta espessura da parede celular de 5,06 μm (GUIMARÃES JÚNIOR; NOVACK; BOTARO, 2010); a fibra de cana-de-açúcar, que apresenta espessura de parede variando de 4,6 a 5,0 μm (BARRICHELO; FOELKEL; BRITO, 1976); o *Pinus elliottii*, que apresenta espessura de parede variando de 5,61 a 10,04 μm (MUÑIZ, 1993) e *Eucalyptus grandis*, que apresenta 5,7 μm

(AIZATE, 2004), a espessura das fibras do pseudocaule ficaram, em média, menores. Entretanto, o máximo valor encontrado neste estudo se aproximou dos citados por outros autores.

5.1.2 Análise química

Na Tabela 6 podem-se visualizar os resultados obtidos com a análise química do pseudocaule da *Musa* sp., para os diferentes tratamentos realizados.

Tabela 6 Resultados quantitativos dos componentes químicos do pseudocaule da bananeira

Tratamento	Extrativos (%)	Lignina (%)	Cinzas (%)	Holocelulose (%)
Testemunha	18,58 B	15,65 B	13,79 D	51,96 A
Ácido acético	14,13 A	14,80 B	9,90 A	61,14 B
NaOH	13,47 A	11,61 A	14,31 D	60,59 B
Acetona	11,45 A	16,25 B	12,68 C	59,61 B
Água	11,76 A	16,44 B	11,50 B	60,29 B
CV (%)	7,68	2,28	2,08	1,63

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Todos os tratamentos removeram significativamente os extrativos. Em geral, extrativos são facilmente extraídos em água ou solventes orgânicos (GULLICHSEN; PAULAPURO, 2000; SJÖSTRÖM; ALÉN, 1998).

Com relação ao teor de lignina, observa-se que apenas o tratamento com soda cáustica (NaOH) teve influência significativa sobre o conteúdo de lignina, tendo diminuído o teor desse componente. Foi relatado, na literatura, que o tratamento com NaOH remove certa quantidade de lignina, ceras e óleos da parede celular (MORAES, 2010). De acordo com Fengel e Wegener (1989),

o tratamento alcalino promove a remoção parcial da hemicelulose e da lignina, principalmente a hemicelulose, que é solúvel em baixíssimas concentrações de álcali.

Para o teor de cinzas, nota-se que houve diferença estatística significativa entre os diferentes tratamentos realizados, tendo aquele com ácido acético sido o que resultou em menor teor de cinzas. Em relação ao teor de holocelulose, observa-se que os tratamentos químicos proporcionaram o seu aumento. Como existe relação inversa entre a holocelulose e os demais componentes, a sua diminuição poderá provocar aumento no teor de holocelulose. Na Tabela 7 é apresentada uma comparação entre trabalhos da literatura sobre análise química de alguns materiais lignocelulósicos.

Tabela 7 Componentes químicos de alguns materiais lignocelulósicos, segundo a literatura

Materiais	Extrativos (%)	Lignina (%)	Cinzas (%)	Holocelulose (%)
Pseudocaule de banana (GUIMARÃES, 2009)	9,68	15,65	4,48	70,22
Palha de arroz (LIU et al., 2003)	7,45	11,3	12,87	63,1
Pinus (CAI; TAO, 2007)	1,11-3,51	24,5-29,8	0,27- 0,28	71-83
<i>E. grandis</i> e <i>E. saligna</i> (TRUGILHO; LIMA; MORI, 2003)	6,71	31,77	x	61,52

Os valores de teor de extrativos encontrados neste trabalho variaram de 11,45% a 18,58%. Quando comparados aos teores de extrativos encontrados em literatura, o pseudocaule da bananeira apresentou valores superiores aos encontrados para a palha de arroz, pinus e eucalipto e maior que o pseudocaule de bananeira estudado por Guimarães (2009).

Extrativos podem exercer influência na cura da resina e, conseqüentemente, na qualidade dos painéis produzidos, devido à baixa resistência da ligação adesivo-partícula (MARRA, 1992).

Adicionalmente, espécies com elevado teor de extrativos são propensas a estouros no final do ciclo de prensagem (CIOUTIER, 1998).

O material apresentou teor de lignina em torno de 11,61% a 16,44%, tendo Guimarães (2009) reportado 15,65%. Em comparação com outras espécies, o teor de lignina ficou próximo aos encontrados para a palha de arroz, entretanto, foi baixo, em comparação com a madeira de pinus e eucalipto. Por se tratar de um adesivo natural, a lignina ainda pode contribuir para melhorar a adesão entre partículas dos painéis, resultando em melhor colagem e estabilidade dimensional (JOSELEAU et al., 2004; KHEDARI et al., 2004). Dessa forma, o baixo teor desse componente encontrado para o pseudocaule da bananeira, em comparação com espécies mais utilizadas para a produção de aglomerados, constitui uma desvantagem para a produção de painéis de partículas.

O teor de cinzas encontrado neste estudo variou de 9,90% a 14,31%, sendo superior aos encontrados na literatura, para madeira de pinus e eucalipto e pseudocaule de bananeira, ficando próximo dos constatados para a palha de arroz. Esta elevação, em comparação com os valores encontrados na literatura para o pseudocaule da bananeira, pode ser explicada devido à exposição do material ao ambiente durante o processo de produção ou pode ser proveniente do efeito da adubação durante o manejo do bananal.

Em relação ao teor de holocelulose, este situou-se próximo dos valores encontrados para a palha de arroz e eucalipto e inferior ao encontrado para pinus e pseudocaule de bananeira, por Guimarães (2009).

5.1.3 Densidade básica

Na Tabela 8 estão apresentadas as médias de densidade básica do pseudocaule da *Musa* sp.

Tabela 8 Valores médios de densidade básica do pseudocaule da bananeira nos diferentes tratamentos

Tratamento	Densidade (g/cm ³)	Desvio padrão
Testemunha	0,100 A	0,005
Ácido acético	0,089 A	0,004
NaOH	0,134 B	0,016
Acetona	0,108 A	0,016
Água	0,103 A	0,022
CV (%)	13,7	

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Observa-se que houve diferença estatística para a densidade básica nos diferentes tratamentos realizados, tendo o tratamento com NaOH sido o que apresentou maior densidade básica, em comparação com os demais tratamentos. Os valores de densidade variaram de 0,089 a 0,134 (g/cm³). Savastano Júnior (2000), estudando as características de algumas fibras lignocelulósicas para a produção de compósitos de matriz cimentícia, encontrou, para a densidade básica do pseudocaule da bananeira, 0,170 g/cm³, estando acima dos valores encontrados nesse estudo. Esta diferença pode ser atribuída a fatores como idade, espécie, solo, topografia e outros.

Observa-se que o tratamento alcalino causou um aumento da densidade básica do material, podendo ser justificado pela possibilidade de o tratamento químico com NaOH ter atuado na parede celular primária, podendo agir nos níveis S₁, S₂ e S₃ da parede celular secundária presente nas fibras, conforme reportado no trabalho de Mwaikambo e Ansell (2006). Quando há interação da

solução de NaOH no nível S₃, ocorre uma densificação no nível S₂, aumentando a densidade do material, conforme observado por Moraes (2010).

Corroborando os resultados deste trabalho, Ferraz (2011) encontrou, para densidade básica de fibras de coco, valores de 0,97 g/cm³ para testemunha, 1,09 g/cm³ para fibras tratadas em água quente e 1,25 g/cm³ para fibras tratadas com NaOH. Azzini, Benatti Junior e Arruda (1986) encontraram valores de densidade básica variando de 0,270 a 0,335g/cm³ para o caule da juta e Mendes et al. (2010), trabalhando com bagaço de cana-de-açúcar em associação com a madeira de eucalipto para a produção de painéis aglomerados, relataram valor de densidade básica para o bagaço de cana-de-açúcar de 0,098 g/cm³, demonstrando que os resíduos agrícolas apresentam baixa densidade básica.

Carneiro et al. (2004) e Tomazello Filho (1985) encontraram valores de densidade básica na faixa de 0,434 a 0,560 g/cm³, para a madeira de *Eucalyptus grandis*. Foekel et al. (1975), Mennezi, Souza e Gonçalves (1996) e Sampaio, Resende e Araujo (2002) encontraram valores de densidade, para a madeira de *Pinus oocarpa*, de 0,460 g/cm³, 0,408 g/cm³ e 0,441 g/cm³. Mendes (1993) encontrou, para a madeira de *Pinus taeda*, densidade de 0,390 g/cm³. Diante desse fato, o pseudocaule apresenta baixa densidade básica, em comparação com a densidade das espécies de madeira mais utilizadas para a produção de painéis aglomerados, que são o pinus e o eucalipto.

De acordo com Kelly (1977), a massa específica da madeira é o fator mais importante para a determinação do potencial de uma determinada espécie, objetivando a fabricação de painéis particulados. As espécies geralmente utilizadas na indústria de painéis particulados apresentam densidade variando de 0,40 a 0,60 g/cm³. Recomenda-se, para espécies que apresentam densidade fora deste intervalo, uma mistura com outras madeiras, a fim de obter a densidade final desejada. Desse modo, a densidade encontrada para o pseudocaule da bananeira ficou abaixo do intervalo estipulado pela indústria de aglomerados.

Uma alternativa seria, então, a mistura deste material com matérias-primas de maior densidade para a obtenção das características desejáveis.

5.1.4 Densidade real

Diferentes condições de tratamento resultaram em diferentes valores de densidade real, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 Valores médios de densidade real do pseudocaulo de bananeira, *Musa* sp.

Testemunha	Densidade real (g/cm ³)	Desvio padrão
Testemunha	1,30 C	0,013
Ácido acético	1,23 B	0,009
NaOH	1,31 D	0,011
Acetona	1,10 A	0,007
Água	1,11 A	0,010
CV (%)	0,87	

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Houve diferença estática para a densidade real nos diferentes tratamentos realizados. Os valores de densidade variaram de 1,10 a 1,31 g/cm³, tendo os menores valores sido encontrados para as fibras tratadas com água e acetona e o maior valor, para as fibras tratadas em NaOH.

Observa-se que o tratamento alcalino causou um aumento da densidade real do material. Segundo Li, Tabil e Panigrahi (2007), o tratamento alcalino com NaOH remove certa quantidade de lignina, hemicelulose, ceras e óleos que recobrem a superfície externa da fibra, justificando, desse modo, o aumento da densidade, uma vez que são eliminados componentes de menor densidade. Com base nos valores encontrados de densidade real para as fibras estudadas (naturais

e tratadas), nota-se que o tratamento com acetona e com água resultou em fibras menos densas que as demais. O resultado indica que houve interação química entre a fibra e a solução de tratamento. Nota-se que houve perda de material com os tratamentos químicos, uma vez que estes diminuíram a densidade real do pseudocaulo, em comparação com as fibras naturais (não tratadas). Esta perda se deu pelo fato de o tratamento químico das fibras também ter gerado perdas em função do ataque químico que solubilizou os extrativos que estavam associados à fibra e, também, em função do processo de lavagem das fibras

Os valores encontrados para a densidade real do pseudocaulo da bananeira estão acima dos relatados na literatura. Agopyan e Savastano Júnior (1997), Nolasco, Soffner e Nolasco (1998), Swamy (1988) e Tolêdo Filho (1997) encontraram valores de densidade real de 1,031 g/cm³.

Dias e Pessanha (2004), Freitas (2005) e Teixeira (2010), trabalhando com bagaço de cana-de-açúcar, encontraram valores de densidade real de 2,69, 2,58 e 2,57 g/cm³, respectivamente. Motta (2005), ao avaliar tratamentos termomecânicos para fibras de coco e sisal, encontrou densidade real de 1,29 g/cm³ e 1,51 g/cm³, para as fibras de coco natural e sisal, respectivamente. O valor médio encontrado neste trabalho para as fibras naturais de pseudocaulo de bananeira foi de 1,30 g/cm³, sendo superior aos relatados na literatura para as fibras de bagaço de cana-de-açúcar e sisal e próximo aos encontrados para a fibra de coco.

5.2 Propriedades físicas e mecânicas dos painéis aglomerados

5.2.1 Densidade dos painéis

Os valores de densidade observada para os diferentes tratamentos nos painéis aglomerados são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 Valores médios da densidade nominal e densidade observada dos painéis aglomerados

Tratamento	Densidade	
	Nominal (g/cm ³)	Observada (g/cm ³)
Testemunha	0,7	0,65 A
Ácido acético	0,7	0,64 A
NaOH	0,7	0,61 A
Acetona	0,7	0,66 A
Água	0,7	0,67 A
CV (%)		3,56

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5 % de probabilidade

Pode-se constatar que os valores são inferiores em comparação com a densidade nominal estabelecida no plano experimental. Os baixos valores de densidade observados, tendo como base aquela nominal (0,70 g/cm³), podem ser atribuídos, principalmente, à perda de partículas durante o manuseio, nas fases anteriores à consolidação do painel na prensa quente, em razão de condições laboratoriais de manufatura.

Segundo a norma NBR 14810-2 (ABNT, 2002), os painéis são classificados como de média densidade (de 0,551 g/cm³ a 0,750 g/cm³).

5.2.2 Absorção de água e inchamento em espessura

Os resultados de absorção e inchamento em espessura, após 2 e 24 horas de imersão em água, estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 Valores médios de absorção de água e inchamento em espessura, após 2 e 24 horas de imersão em água

Tratamentos	Propriedades Analisadas			
	AA 2 h (%)	AA 24 h (%)	IE 2 h (%)	IE 24 h (%)
Testemunha	54,88 A	82,55 A	9,72 A	15,22 A
Ácido acético	39,81 A	85,71 A	10,57 A	17,12 A
NaOH	148,79 B	189,83 C	54,96 C	74,05 C
Acetona	54,51 A	105,62 B	21,16 B	36,40 B
Água	70,79 A	113,47 B	27,97 B	40,14 B
CV (%)	28,02	10,60	23,49	18,01

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Os valores médios de absorção de água, após 2 horas e 24 horas, variaram entre 39,81% e 148,79% e 82,55% e 189,83%, respectivamente. Foram constatadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos estudados. Nota-se que os painéis tratados com soda cáustica, (NaOH) apresentaram os maiores valores de absorção, tanto para 2 quanto para 24 horas de imersão.

Já para a propriedade inchamento em espessura, os valores médios, após 2 e 24 horas de imersão em água, variaram de 9,72% a 54,96% e de 15,22% a 74,05%, respectivamente. Observou-se diferença estatística significativa em relação aos tratamentos realizados. Os painéis sem tratamento e tratados com ácido acético foram os que apresentaram os menores índices de inchamento em espessura, tanto para 2 quanto para 24 horas de imersão em água. Já os painéis tratados com soda cáustica (NaOH) apresentaram elevado inchamento em espessura, tanto em 2 quanto em 24 horas de imersão. Portanto, é possível inferir, com relação à estabilidade dimensional do painel, que o tratamento químico com NaOH neste período de tempo não é adequado

Guimarães (2009), trabalhando com painéis aglomerados de pseudocaulé de bananeira, encontrou, para absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas, 84,69% e 108,89%, e 39,64% e 53,28%, respectivamente. À exceção dos painéis tratados com NaOH, que apresentaram valores superiores de absorção de água e inchamento em espessura, tanto para 2 quanto para 24 horas de imersão, e painéis tratados com água, que apresentaram valores elevados de absorção de água após 24 de imersão, todos os valores dos demais tratamentos ficaram acima dos encontrados por Guimarães (2009).

No entanto, os resultados encontrados para os painéis aglomerados neste trabalho foram superiores aos apresentados por Mendes et al. (2009), os quais, estudando o efeito do adesivo nas propriedades de painéis aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar, obtiveram valores de absorção de água e inchamento em espessura, após 2 e 24 horas, de 28,64% e 42,06%, e 7,75% e 11,81%, respectivamente.

Mendes et al. (2010), estudando o efeito da incorporação da casca de café com mistura madeira de eucalipto nas propriedades de painéis aglomerados, observaram que o aumento da proporção de casca de café aos painéis ocasionou um aumento nos valores de propriedades físicas. O valor de absorção de água, após 24 horas de imersão, variou de 70% a 98% e, para inchamento em espessura, após 2 e 24 horas de imersão, variou de 11% a 37% e 19 a 55%. Ficando, desse modo, apenas o painel controle e o tratado com ácido acético próximo aos valores encontrados por estes autores, os demais tratamentos obtidos neste estudo apresentaram propriedades físicas elevadas, em comparação com as propriedades de painéis de bagaço de cana-de-açúcar.

Guimarães (2009), utilizando a madeira de eucalipto na produção de painéis aglomerados, obteve valor de absorção de água, após 2 e 24 horas de imersão, de 39,12% e 63,84%, respectivamente e, para o inchamento em espessura após 2 e 24 horas, de 19,35% e 32,44%, respectivamente. Observou-

se, no presente estudo, que a absorção de água, tanto para 2 quanto para 24 horas, ficou acima dos valores encontrados por este autor, independente dos tratamentos. Para o inchamento em espessura, tanto em 2 quanto 24 horas, os painéis controle e painéis tratados com ácido acético foram os únicos que apresentaram baixa absorção em comparação com o autor. Fica demonstrado, dessa forma, que o pseudocaule apresenta alta absorção de água em comparação com a madeira de eucalipto, que é uma das madeiras mais utilizadas na produção de painéis aglomerados. Justificam-se, dessa forma, os tratamentos químicos efetuados nas partículas de pseudocaule da bananeira, que objetivaram diminuir sua hidrofilicidade.

De acordo com Rowel (2005), o tratamento por acetilação bloqueia os grupos hidroxílicos, impedindo a formação de ligações de hidrogênio com a molécula de água e reduzindo a higroscopicidade da madeira.

Okino e Rowell (1996), tratando partículas de pinus e eucalipto com ácido acético, observaram que as chapas aglomeradas apresentaram maior resistência à absorção de água. No entanto, nota-se que, nesse trabalho, o tratamento com ácido acético não ocasionou diferenças significativas em relação à absorção de água.

A baixa resistência à absorção de água dos painéis tratados com NaOH pode ser atribuída ao menor teor de lignina obtido com esse tratamento, uma vez que este componente confere hidrofobicidade às células (JOSELEAU et al., 2004). A lignina é um ligante natural da fibra. As propriedades de absorção de água e inchamento em espessura em painéis aglomerados feitos de materiais com elevados teores de lignina apresentam tendência de menores valores devido à formação de uma ligação melhorada entre as partículas durante o processo de formação do colchão (KHEDARI et al., 2004; SELLERS; MCSWEEN JUNIOR; NEARN, 1988), podendo ser uma das possíveis causas do aumento da absorção em painéis tratados com NaOH.

De acordo com Wadso (1993), a celulose apresenta dois tipos de regiões, sendo uma cristalina e outra, amorfa. Essas diferentes partes da celulose têm diferentes propriedades de absorção de água, sendo a região amorfa higroscópica, ao contrário da região cristalina. Segundo John e Anandjiwala (2008), o tratamento alcalino aumenta a quantidade de celulose amorfa por transformação da celulose cristalina, causando um inchaço da celulose, na qual a estrutura da cristalina relaxa, além de promover a remoção parcial de constituintes amorfos, como hemicelulose, lignina e óleo solúveis em solução alcalina (TROEDER et al., 2008). Provavelmente, o inchaço da estrutura cristalina facilitou a entrada de água nessa região, ocasionando maior absorção e, conseqüentemente, maior inchamento em espessura em painéis tratados com este reagente.

Ferraz (2011), avaliando as propriedades de painéis de fibras de coco verde em mistura com cimento Portland, observou que o tratamento com NaOH (5%), durante 72 horas, nestas fibras, influenciou negativamente as propriedades físicas de resistência à água, o que é explicado pela degradação e a erosão presentes na superfície desta fibra após o tratamento químico.

A norma CS 236-66, para painéis de madeira aglomerada de densidade média e produzidos com adesivo ureia-formaldeído, estabelece valores máximos de inchamento em espessura, após 24 horas de imersão, de 35%. Dessa forma, apenas os painéis de fibras de pseudocaulé de bananeira sem tratamento e tratadas com ácido acético se adequaram a esta norma de comercialização.

5.2.3 Propriedades mecânicas

Na Tabela 12 estão apresentados os valores médios das propriedades mecânicas dos painéis aglomerados de fibras de pseudocaulé da bananeira submetidas a diferentes tratamentos.

Tabela 12 Valores médios de flexão estática, ligação interna e resistência à compressão dos painéis aglomerados, nos diferentes tratamentos

Tratamento	MOE (MPa)	MOR (MPa)	Ligação interna (MPa)	Compressão (MPa)
Sem tratamento	1187 A	8,58 A	0,20 C	3,87 B
Ácido acético	1004 A	8,69 A	0,16 B	2,87 A
NaOH	1128 A	8,21 A	0,05 A	3,49 B
Acetona	1230 A	9,71 A	0,19 C	3,78 B
Água	1301 A	8,93 A	0,17 B	2,57 A
CV (%)	26,02	25,49	22,51	33,19

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Nota-se que, para o módulo de elasticidade (MOE) e o módulo de ruptura (MOR), não foi observada diferença estatística significativa entre os diferentes tratamentos realizados. Os valores de MOE oscilaram entre 1004,16 e 1301,62 MPa, enquanto, para MOR, foram observadas médias entre 8,21 a 9,71 MPa.

A acetilação, que modifica os sítios de hidroxilas, pode resultar na redução das propriedades de flexão estática em painéis. Isso ocorre porque, uma vez acetilados, os sítios não podem mais interagir com o adesivo, acarretando adesão de menor resistência (CABRAL et al., 2006; OKINO et al., 1987). Entretanto, este fato não foi verificado neste estudo, uma vez que a acetilação não ocasionou efeito na propriedade de flexão estática.

Os valores observados neste trabalho foram inferiores ao estabelecido pela norma CS 236-66 (COMMERCIAL STANDARD - CS, 1968), para MOE e MOR, com base em painel de partículas com densidade entre 0,60 e 0,80 g/cm³, que estabelece valor médio mínimo de 2.454,90 MPa para MOE e de 11,22 MPa para MOR, não se adequando, dessa forma, aos valores mínimos exigidos por esta norma.

Foi observada diferença significativa entre os valores médios de ligação interna nos diferentes tratamentos realizados nas partículas dos painéis aglomerados. Nota-se que os tratamentos diminuíram a resistência à ligação interna em relação ao painel controle (sem tratamento). Os valores de ligação interna variaram de 0,05 a 0,21 MPa, sendo os painéis produzidos com partículas tratadas com NaOH os de menor resistência à ligação interna.

A norma de comercialização americana CS 236-66 (CS, 1968) para painéis de média densidade, com colagem à base de ureia-formaldeído, estabelece valor mínimo de 0,43 MPa para a ligação interna. Dessa forma, nenhum dos tratamentos atendeu às exigências da norma.

Paridah e Khalina (2009), produzindo painéis aglomerados de kenaf e seringueira, encontraram baixos valores de ligação interna e atribuíram esse efeito, principalmente, à insuficiente cura do adesivo utilizado, em que o tempo e/ou a temperatura devem não ter sido suficientes.

Uma das possíveis causas da baixa resistência à ligação interna dos painéis tratados com ácido acético é a natureza hidrofóbica das partículas acetiladas, que leva a uma diminuição da penetração do adesivo (ROWELL, 2007), conseqüentemente levando à diminuição da adesão entre as partículas, ocasionando baixa resistência à ligação interna.

Segundo Kalia, Kaith e Kaur (2009) e Rosa et al. (2009), o tratamento alcalino remove as impurezas, promove a desfibrilação, aumentando a área superficial efetiva e, conseqüentemente, proporciona melhor adesão fibra/matriz e aumento da resistência mecânica. Entretanto, os autores constataram que o tratamento alcalino foi o mais severo em relação à propriedade de ligação interna, já que, provavelmente, resultou em uma interação fibra/adesivo inadequada.

Por ser um adesivo natural, a lignina contribui para melhorar a adesão entre as partículas dos painéis, conseqüentemente resultando em melhor colagem

(JOSELEAU et al., 2004; KHEDARI et al., 2004). Uma vez que, durante o processo de prensagem para a formação dos painéis, as altas temperaturas provêm a plastificação da lignina, que atua como elemento aglomerante das partículas lignocelulósicas, melhorando a adesão e, conseqüentemente, a ligação interna dos painéis. Dessa forma, os baixos teores de desse componente encontrados para o pseudocaule, após o tratamento com NaOH, pode ter contribuído para a baixa adesão entre as partículas e, conseqüentemente, os baixos valores de ligação interna.

Angrizani et al. (2006) observaram que, embora o tratamento alcalino de fibras de sisal promova vários sítios apolares para a ancoragem da resina, ele, por sua vez atenua o diâmetro da fibra, devido à remoção das camadas superficiais de sujeira e componentes da fibra que têm estrutura lignocelulósica, podendo levar ao enfraquecimento como reforço. Dessa forma, o mesmo efeito pode ter ocorrido com as fibras de pseudocaule tratadas com NaOH.

Os valores de resistência à compressão variam de 2,57 a 3,87 MPa. Foi observado que os tratamentos com NaOH e acetona não resultaram em efeito significativo sobre a resistência à compressão, uma vez que os resultados foram similares aos painéis do tratamento controle. Já os demais tratamentos (ácido acético, água) proporcionaram diminuição desta propriedade.

Guimarães Júnior (2008), avaliando a qualidade da madeira de três espécies de eucalipto de diferentes procedências para a produção de aglomerados convencional, obteve valores de compressão variando entre 5,81 a 6,67 MPa, para *Eucalyptus cloeziana*; entre 4,48 a 5,98 MPa, para *Eucalyptus grandis* e entre 5,24 a 5,90 MPa, para *Eucalyptus saligna*. Cabral (2007), trabalhando com mistura de partículas de *Eucalyptus* spp e *Pinus elliottii* em painéis aglomerados, encontrou valores variando de 5,68 a 8,0 MPa. Não existem normas de especificações de valor mínimo para esta propriedade,

porém, os resultados obtidos neste estudo ficaram abaixo dos encontrados em literatura.

De acordo com Sweet e Winandy (1999), o uso de materiais lignocelulósicos que apresentam alto teor de lignina é desejável na produção de painéis aglomerados. Bufalino et al. (2012) observaram que a inclusão de 50% de madeira de eucalipto, com maior teor de lignina, em painéis de cedro, resultou em um aumento da resistência à compressão. Os autores atribuíram este resultado ao papel que a lignina desempenha na resistência a esforços de compressão nas fibras. Dessa forma, a baixa resistência à compressão dos painéis desse estudo pode estar relacionada ao baixo teor desse componente em relação a outros materiais apresentados na literatura.

6 CONCLUSÕES

O pseudocaule foi classificado como de fibras intermediárias, apresentando comprimento médio de 2,64 mm e espessura média de 3,21 μm .

Os tratamentos químicos realizados nas partículas de pseudocaule da bananeira afetaram a composição química do material.

A densidade básica do material em estudo foi afetada apenas pelo tratamento com NaOH. Em relação à densidade real, todos os diferentes tratamentos afetaram esta propriedade, sendo o tratamento com NaOH o que apresentou maior densidade real e os tratamentos com água e acetona, os que apresentaram menores valores.

A absorção de água após 2 horas de imersão foi afetada apenas pelo tratamento com NaOH e, após 24 horas de imersão, à exceção do tratamento com ácido acético, todos proporcionaram seu aumento.

À exceção do tratamento com ácido acético, todos os demais tratamentos ocasionaram acréscimo nas propriedades de inchamento em espessura, tanto para 2 quanto para 24 horas de imersão.

Os painéis controle e os painéis produzidos com partículas tratadas com ácido acético se adequaram à norma CS 236-66 (CS, 1968), no que se refere ao inchamento em espessura, após 24 horas de imersão.

Os tratamentos químicos não afetaram as propriedades de flexão estática dos painéis em estudo. Todos os tratamentos diminuíram a resistência da ligação interna. No teste de compressão, o tratamento com NaOH e acetona não teve efeito significativo, em comparação com o painel controle. Já os tratamentos ácido acético e H_2O ocasionaram diminuição desta propriedade.

Para as propriedades mecânicas avaliadas, todos os painéis ficaram abaixo do mínimo recomendado pela norma CS 236-66 (CS, 1968).

Neste estudo, foi demonstrado que é possível alterar o desempenho das fibras de pseudocaule da bananeira em painéis aglomerados por meio de tratamentos, contudo, algumas variáveis do processo necessitam de mais estudo, como tempo e concentração de reagentes.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V. **Materiais reforçados com fibras para a construção civil nos países em desenvolvimento:** o uso das fibras vegetais. 1991. 204 f. Tese (Livro-Docência em Construção Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

AGOPYAN, V.; SAVASTANO JÚNIOR, H. Uso de materiais alternativos à base de fibras vegetais na construção civil: experiência brasileira. In: SEMINÁRIO IBEROAMERICANO DE MATERIALES FIBRORREFORZADOS, 1.; REUNION PROYECTO PIP, 5., 1997, Cali. **Memorias...** Cali: Universidad del Valle, 1997. p. 23-40.

ALMEIDA, C. A. **Banana:** mercado atual e perspectivas do setor. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Palestra_banana.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2011.

ALQUINI, Y. **Anatomia dos órgãos em desenvolvimento de *Musa rosacea* (Musaceae).** 1992. 142 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

ALZATE, S. B. A. **Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, e *E. grandis xurophilla*.** 2004. 132 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Produtos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2004.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D-1037: standard methods of evaluating properties of wood base fiber and particles materials. In: _____. **Annual book of ASTM standard.** Philadelphia, 2006. p. 1-30.

_____. **D-1554:** standard terminology relating to wood-base fiber and particle panel materials. Philadelphia, 1999. 30 p.

ANGRIZANI, C. A. et al. Influência do comprimento da fibra de sisal e do seu tratamento químico nas propriedades de compósitos com poliéster. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 17., 2006, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: CBECIMat, 2006. 1 CD-ROM.

ANUÁRIO da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2010. 520 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13999**: papel, cartão, pastas celulósicas e madeira: determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525°C. Rio de Janeiro, 2003. 4 p.

_____. **NBR 14810-1,2,3**: chapas de madeira aglomerada. Rio de Janeiro, 2002. 32 p.

_____. **NBR 14853**: madeira: determinação do material solúvel em etanol-tolueno e em diclorometano e em acetona. Rio de Janeiro, 2010. 3 p.

_____. **NBR 7989**: pasta celulósica e madeira: determinação de lignina insolúvel em ácido. Rio de Janeiro, 2010. 6 p.

AZUMA, J.; NOMURA, T.; KOSHIJIMA, T. Lignin-carbohydrate complexes containing phenolic acids isolated from the culm of bamboo. **Agricultural and Biological Chemistry**, Tokyo, v. 49, p. 2661-2669, 1985.

AZZINI, A.; BENATTI JUNIOR, R.; ARRUDA, M. C. Q. Características tecnológicas dos caules de juta visando a produção de pastas celulósicas para papel. **Bragantia**, Campinas, v. 45, n. 2, p. 249-255, 1986.

AZZINI, A. et al. Densidade básica do colmo e fibras celulósicas em progênies de *Bambusa tuldooides* Munro. **Bragantia**, Campinas, v. 47, n. 2, p. 239-246, 1988.

BARRICHELO, L. E. G.; FOELKEL, C. E. B.; BRITO, J. O. Características anatômicas, químicas e celulósicas do bagaço de quatro variedades de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 9., 1976, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1976. p. 97-106.

BASTOS, D. C. **Estudo da redução da hidrofiliidade de filmes biodegradáveis de amido de milho termoplástico com e sem reforço de fibra de bananeira através do tratamento por plasma de sf6**. 2010. 109 p. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

BERNARDI, R. **Reconstituição de chapas de aglomerado**: dossiê técnico. São Paulo: SENAIRS, 2006. 3 p.

BISMARCK, A. et al. Surface characterization of natural fibers: surface properties and the water up-take behavior of modified sisal and coir fibers. **Green Chemistry**, Cambridge, v. 3, n. 2, p. 100-107, June 2001.

BLANCO ROJAS, M. L. **Beneficiamento e polpação da Ráquis da bananeira "Nanicão" (*Musa Grupo AAA, "Giant Cavendishii")***. 1996. 150 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1996.

BLEDZKI, A. K.; GASSAN, J. Composite reinforced with cellulose based fibers. **Progress in Colloid & Polymer Science**, Darmstadt, v. 24, n. 2, p. 200-272, June 1999.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S.; ALVES, É. J. Exigências edafoclimáticas. In: CORDEIRO, Z. J. M. (Org.). **Banana**: produção, aspectos técnicos. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 17-23.

BOTELHO, G. M. L. **Caracterização química, durabilidade natural e tratabilidade da madeira de seis espécies de eucaliptos plantadas no Distrito Federal**: projeto final. Brasília: UnB, 1997. 37 p.

BUFALINO, L. et al. Particleboards made from Australian red cedar: processing variables and evaluation of mixed species. **Journal of Tropical Forest Science**, Kuala Lumpur, v. 24, n. 2, p. 162-172, Apr. 2012.

CABRAL, C. P. et al. Propriedades de chapas de aglomerado confeccionadas com misturas de partículas de *Eucalyptus spp* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 897-905, set./out. 2007.

_____. Propriedades de chapas tipo OSB, fabricadas com partículas acetiladas de madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophilla*, *Eucalyptus cloeziana* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 9, p. 659-668, dez. 2006.

CAI, W. X.; TAO, J. H. Pulping properties of massion pine and small diameter bamboos. **China Pulp & Paper Industry**, Beijing, v. 28, n. 1, p. 16-17, 2007.

CARNEIRO, A. C. O. et al. Propriedades de chapas de flocos fabricadas com adesivo de ureia-formaldeído e de taninos de casca de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden ou de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 5, p. 715-724, set./out. 2004.

CHAMPION, J. **El plátano**. Barcelona: Blume, 1968. 247 p.

_____. _____. Barcelona: Blume, 1975. 247 p.

CHAND, N.; TIWARY, R. K.; ROGHATI, P. K. Bibliography: resource structure properties of natural cellulosic fibres. **Journal of Materials Science**, Norwell, v. 23, n. 2, p. 381-387, 1988.

CHAND, N.; VERMA, S.; KHAZANCHI, A. C. SEM and strength characteristics of acetylates sisal fiber. **Journal of Materials Science Letters**, London, v. 8, p. 1307-1309, 1989.

CHRISTIANSEN, A. W. Wood fiber. **Science**, New York, v. 22, n. 4, p. 441, 1990.

CLOUTIER, A. Oriented strandboard (OSB): raw laterial, manufacturing process, properties and use. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA, 1., 1998, Belo Horizonte. **Anais...** Viçosa, MG: SIF/UFV/DEF, 1998. p. 173-185.

COELHO, R. R. P.; MATA, M. E. R. M. C.; BRAGA, M. E. D. Alterações dos componentes nutricionais do pseudocaule da bananeira quando processado visando sua transformação em palmito. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 21-30, 2001.

COMMERCIAL STANDARD. **CS 236-66**: mat formed wood particleboard. Geneva, 1968. 18 p.

CRONIS, M. D. C. Caracterização de alguns materiais não lenhosos visando a avaliação do seu potencial como matéria-prima na fabricação de pasta celulósica. **O papel**, São Paulo, v. 46, n. 4, p. 29-36, 1985.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University, 1981. 1261 p.

DARKWA, N. A. Pulping chemical of plantation (*Musa paradisiaca* L.) pseudstems. In: INTERNATIONAL NON-WOOD FIBER PULPING AND PAPERMAKING CONFERENCE, 1., 1988, Beijing. **Proceedings...** Beijing: NWFP, 1988. v. 2, p. 973-974.

DIAS, D. P.; PESSANHA, M. C. R. Ativação alcalina da cinza do bagaço de cana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ICTR, 2004. 1 CD-ROM.

ECKBLAND, J. W. How many samples should be taken. **BioScience**, Washington, v. 41, n. 5, p. 346-348, May 1991.

FEIST, W. C.; ROWELL, R. M.; ELLIS, W. D. Moisture sorption and accelerated weathering of acetylated and methacrylated aspen. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 23, n. 1, p. 128-136, 1991.

FENGEL, D.; WEGENER, G. **Wood: chemistry, ultrastructure and reactions**. Berlin: W. Gruyter, 1989. 615 p.

FERRAZ, J. M. **Produção e propriedades de painéis de fibras de coco verde (*Cocos nucifera* L.) em mistura com cimento Portland**. 2011. 101 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

FIGUEIREDO, P. S. **A sociedade do lixo: os resíduos, a questão energética e a crise ambiental**. Piracicaba: UNIMEP, 1995. 56 p.

FOELKEL, C. E. B. et al. Variações das características da madeira e propriedades da celulose sulfato de *Pinus oocarpa* em função da idade do povoamento florestal. **IPEF**, Piracicaba, n. 10, p. 81-87, 1975.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 15 ago. 2010.

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and woodresin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, London, v. 155, n. 3924, p. 51, 1945.

FREESE, F. **Elementary statistical methods for foresters**. Washington: USDA, 1967. 87 p. (Agriculture Handbook, 317).

FREITAS, E. S. **Caracterização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar do município de Campos dos Goytacazes para uso na construção civil**. 2005. 97 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2005.

GALLO, J. R. et al. Composição química inorgânica da bananeira (*Musa acuminata* cultivar Nanicão). **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 70-79, 1972.

GANAN, P. et al. Biological natural retting for determining the hierarchical structuration of banana fibers. **Macromolecular Bioscience**, Medellín, v. 4, n. 10, p. 978-983, Oct. 2004.

GASSAN, J.; BLEZKI, A. K. Alkali treatment of jute fibers: relationship between structure and mechanical properties. **Journal of Applied Polymer Science**, New York, v. 71, n. 4, p. 623-629, 1999.

GHAVAMI, K.; TOLEDO FILHO, R. D. Desenvolvimento de materiais de construção de baixo custo de energia usando fibras naturais, terra e bambu. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 1, n. 1, p. 1-19, 1992.

GUIMARÃES, B. M. R. G. **Aproveitamento do pseudocaule da banana na produção de painéis aglomerados**. 2009. 38 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

GUIMARÃES JÚNIOR, J. B. **Painéis de madeira de eucalipto: estudo de caso de espécie e procedência**. 2008. 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

GUIMARÃES JÚNIOR, M.; NOVACK, K. M.; BOTARO, V. R. Caracterização anatômica da fibra de bambu (*Bambusa vulgaris*) visando sua utilização em compósitos poliméricos. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, Bilbao, v. 11, n. 7, p. 442-456, jul. 2010.

GUIOTOKU, M. et al. **Utilização de palitos de erva-mate na produção de painéis de aglomerado**. Colombo: EMBRAPA, 2008. 6 p.

GULLICHSEN, J.; PAULAPURO, H. **Forest products chemistry**. OyHelsinki: Fapet Oy, 2000. 350 p.

HANCOCK, W. V. The distribution of dihydroquercetin and leucocyanidin of tree. **Forest Product Journal**, Madison, v. 12, n. 9, p. 335-338. 1962.

HASELEIN, C. R. et al. Resistência mecânica e à umidade de painéis aglomerados com partículas de madeira de diferentes dimensões. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 127-134, 2002.

HILLIG, E.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Propriedades mecânicas de chapas aglomeradas estruturais fabricadas com madeiras de Pinus, Eucalipto e Acácia-negra. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 59-70, 2002.

HIROCE, R. O aproveitamento do pseudocaule. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, n. 877, 19 mar. 1972. Suplemento Agrícola, p. 11.

IMAMURA, Y. et al. Dimensional stability and biological resistance of particleboard from acetylated Albizzia wood particles. **Wood Research**, kyoto, v. 76, p. 49-58, 1989.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Série frutas tropicais**. 2. ed. Campinas, 1985. v. 3, 302 p.

IWAKIRI, S. et al. Produção de chapas de madeira aglomerada de *Pinus Ellittottii* Engelm. com inclusão laminar. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 86-94, jul./dez. 1999.

_____. Produção de painéis aglomerado de alta densificação com uso de resina melanina-uréia-formaldeído. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 323-328, out./dez. 2005.

JARMAN, C. G. et al. Banana fibre: a review of its properties and small-scale extraction and processing. **Tropical Science**, Kent, v. 19, n. 4, p. 173-185, 1977.

JOHN, M. J.; ANANDJIWALA, A. D. Recent developments in chemical modification and characterization of natural fiber-reinforced composites. **Polymer Composites**, Brookfield, v. 29, n. 2, p. 187-207, Apr. 2008.

JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos agro-industriais para uso na construção civil no Brasil: o caso da escória de alto forno: reciclagem na construção civil, alternativa econômica para proteção ambiental. In: CONGRESSO ÍBERO-LATINO AMERICANO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 1., 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: NUDEPE/POLI-UPE, 1997. p. 67-76.

JOSELEAU, J. P. et al. Detection in situ and characterization of lignin in the G-layer of tension wood fibres of *Populus deltoids*. **Planta**, Berlin, v. 219, n. 2, p. 338-345, Apr. 2004.

JUSTIZ-SMITH, N. G. et al. Potential of Jamaican banana, coconut coir and bagasse fibres as composite materials. **Material Characterization**, New York, v. 59, n. 9, p. 1273-1278, Sept. 2008.

KADDAMI, H. et al. Short palm tree fiber thermoset matrices. **Composites: Part A. Applied Science and Manufacturing**, Kidlington, v. 37, n. 9, p. 1413-1422, Sept. 2006.

KALIA, S.; KAITH, B. S.; KAUR, I. Pretreatments of natural fibers and their application as reinforcing material in polymer composites: a review. **Polymer Engineering & Science**, Malden, v. 49, n. 7, p. 1253-1272, July 2009.

KAPULSKIS, T. A.; JESUS, R. C.; INNOCENTINI-MEI, L. H. Modificação química de fibras de coco e de sisal visando melhorar suas interações interfaciais com matrizes poliméricas biodegradáveis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: FEQ/UNICAMP, 2005. 1 CD-ROM.

KELLY, M. R. **Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard**. Madison: USDA/FS, 1977. 10 p. (General Technical Report FPL, 10).

KHEDARI, J. et al. New low-cost insulation particleboards from mixture of durian peel and coconut coir. **Building and Environment**, Oxford, v. 39, n. 1, p. 59-65, Jan. 2004.

KULKARNI, A. G. et al. Mechanical properties of banana fibers. **Journal of Materials Science**, Norwell, v. 18, p. 2290-2296, 1983.

LI, K. et al. Analysis of the chemical composition and morphological structure of Banana pseudostem. **Bioresources**, Oxford, v. 5, n. 2, p. 576-585, Feb. 2010.

LI, X.; TABIL, L. G.; PANIGRAHI, S. Chemical treatments of natural fiber for use in natural fiber-reinforced composites: a review. **Journal of Polymers and the Environment**, London, v. 15, n. 1, p. 25-33, Jan. 2007.

LIMA, M. B.; SILVA, S. de O.; FERREIRA, C. F. **Banana: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, 2003. 182 p.

LIU, B. Y. et al. Analysis of lignin content in waste liquor of rice straw pulp by ultraviolet spectrophotometer. **China Pulp & Paper**, Beijing, v. 22, n. 6, p. 19-22, 2003.

LIU, F. P.; RIALS, T. G. Value of surface energy of wood for surface composition. **Revista Langmuir**, Morgantown, v. 14, n. 2, p. 536-541, 1998. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF10-BR/control.html>>. Acesso em: 10 maio 2010.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry process fiberboard manufacturing**. San Francisco: M. Freeman, 1993. 681 p.

MANICA, I. **Fruticultura tropical 4: banana**. Porto Alegre: Cinco Continente, 1997. 485 p.

MARCATI, C. R.; DELLA LUCIA, R. M. Comportamento do Angico-Vermelho (*Piptadenia peregrina* Benth.) à adesão com PVA) Acetato de Polivinila) e resorcinol formaldeído. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 1-7, 1996.

MARRA, A. A. **Technology of wood bonding**. New York: V. N. Reinhold, 1992. 453 p.

MEDINA, J. C. **Banana**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1961. 61 p.

_____. Cultura. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Banana: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. Campinas, 1985. p. 1-131.

_____. **Plantas fibrosas da flora mundial**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1959. 913 p.

MELO, J. R. **Identificação micrográfica de fibras celulósicas: contribuição para análise de pastas e papéis**. Angola: Instituto de Investigação Agronômica de Angola, 1973. 76 p. (IIAA. Série Científica, 31).

MENDES, C. J. Influência da idade em *Pinus taeda* sobre a qualidade da madeira para produção de celulose. **IPEF**, Piracicaba, v. 9, n. 27, p. 81-90, 1993.

MENDES, R. F. et al. Adhesive effect on the properties of particleboards made from sugar cane bagasse generated in the distiller. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 32, n. 2, p. 209-218, 2009.

_____. Painéis aglomerados produzidos com bagaço de cana em associação com madeira de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 285-295, jun. 2010.

MENEZI, C. H. S. dell; SOUZA, M. R. de; GONÇALVES, J. C. Fabricação e avaliação tecnológica da chapa aglomerada de mistura de *Eucalyptus urophylla* T. S. Blake e *Pinus oocarpa* Schiede. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 20, n. 3, p. 371-379, maio/jun. 1996.

MORAES, A. G. O. **Estudo do íon boroidreto como agente protetor de fibras de sisal no tratamento em meio alcalino**. 2010. 81 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MORASSI, J. O. Fibras naturais: aspectos gerais e aplicação na indústria automobilística. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 11., 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABPol, 1994. p. 1259-1262.

MOREIRA, R. S. **Banana: teoria e práticas de cultivo**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. 335 p.

_____. _____. 2. ed. São Paulo: Fundação Cargill, 1999. 1 CD-ROM.

_____. **Considerações sobre a bananicultura**. Jaboticabal: UENSP, 1995. 28 p. Apostila.

MOSLEMI, A. A. **Particleboard**. Carbondele: Southern Illinois Press, 1974. v. 1, 244 p.

MOTTA, L. A. C. **Melhoria do desempenho de fibras de coco e sisal para reforço de matrizes cimentícias através de tratamento termomecânico e impregnação de resinas**. 2005. 149 p. Tese (Doutorado em Engenharia da Construção Civil e Urbana) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MUÑIZ, G. I. B. **Caracterização e desenvolvimento de modelos para estimar as propriedades e o comportamento na secagem da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L.** 1993. 235 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

MWAIKAMBO, L. Y.; ANSELL, M. P. Chemical modification of hemp, sisal, jute, and kapok fibers by alkalization. **Journal of Applied Polymer Science**, New York, v. 84, n. 12, p. 2222-2234, Dec. 2002.

_____. Mechanical properties of álcali treated plant fibres and their potential as reinforcement materials II: sisal fibres. **Journal of Materials Science**, Norwell, v. 41, n. 8, p. 2497-2508, Aug. 2006.

NOLASCO, A. M.; SOFFNER, M. L. A. P.; NOLASCO, A. C. Physical-mechanical characterization of banana fiber *Musa cavendishii*, cultivar nanico. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NATURAL POLYMERS AND COMPOSITES, 2., 1998, São Carlos. **Anais...** Brasília: EMBRAPA/SPI, 1998. p. 191-194.

NORMEN FÜR HOLZFASERPLATTEN SPANPLATTEN SPERRHOLZ. **DIN 52362**: testing of wood chipboards bending test, determination of bending strength. Berlin, 1982. 40 p.

OKINO, E. Y. A. et al. Descrição dos caracteres tecnológicos da madeira de *Cupressus glauca* Lam. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 72, p. 39-48, 2006.

_____. Resistência físico-mecânica de chapas aglomeradas de bagaço de cana-de-açúcar modificado quimicamente. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 52, p. 35-42, 1987.

_____. _____. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 52, p. 35-42, 1997.

OKINO, E. Y. A.; ROWELL, R. M. Utilization of *Eucalyptus grandis* and *Pinus taeda* from Brazilian plantations to make dimensionally stabilized flakeboard. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 48, n. 4, p. 248-253, 1996.

OLIVEIRA, A. L. P. **Extração e caracterização de constituintes da bananeira *Darf cavendish***. 2007. 216 p. Tese (Doutorado em Química) - Universidade de Aveiro, Aveiro, 2007.

OLIVEIRA, F. M. V. **Estudo de diferentes condições de pré-tratamento do bagaço de cana-de-açúcar no processo de obtenção de bioetanol.** 2007. 49 p. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade de Pernambuco, Recife, 2007.

PADOVANI, M. I. **Banana:** um mercado crescente para este alimento milenar. São Paulo: Ícone, 1986. 104 p.

PARIDAH, M. T.; KHALINA, A. **Effect of soda retting on the tensile strength of kenaf (*hibiscus cannabinus L.*) bast fibres:** project report kenaf. São Paulo: EPU, 2009. 21 p.

PAULESKI, D. T. et al. Características de compósitos laminados manufaturados com polietileno de alta densidade (pead) e diferentes proporções de casca de arroz e partículas de madeira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 157-170, 2007.

PEDRAZZI, C. **Qualidade de chapas de partículas de madeira aglomerada fabricadas com resíduos de uma indústria de celulose.** 2005. 137 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

PURSEGLOVE, J. W. **Tropical crops:** monocotyledons. New York: J. Willey, 1972. v. 2, 384 p.

RAJ, R. G.; KOKTA, B. V. Mechanical properties of surface-modified cellulose fiber-thermoplastic composites. In: _____. **Emerging technologies for materials and chemicals from biomass.** Washington: ACS, 1992. p. 76-87.

REDDY, N.; YANG, Y. Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications. **Trends in Biotechnology**, Amsterdam, v. 23, n. 1, p. 22-27, Mar. 2005.

ROJAS, M. L. B. **Caracterização de fibras de bananeira Nanicão (Musa Grupo AAA, .Giant Cavendish.) como possível matéria-prima para produção de pasta celulósica para fabricação de papel.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1996. 8 p.

ROQUE, C. A. L. **Painéis de madeira aglomerada:** SET805.doc. Disponível em: <www.bndes.gov.br>. Acesso em: 10 dez. 1998.

ROSA, M. F. et al. Biodegradable composites based on starch/ EVOH/ glycerol blends and coconut fibers. **Journal of Applied Polymer Science**, New York, v. 111, n. 2, p. 612-618, Feb. 2009.

ROWELL, D. L. **Soil science methods and applications.** London: Longman, 1994. 350 p.

ROWELL, R. M. Chemical modification o wood. In: FAKIROV, S.; BHATTACHARYYA, D. (Ed.). **Handbook of engineering biopolymers.** Munich: Hanser, 2007. p. 673-691.

ROWELL, R. M.; HAN, J. S.; ROWELL, J. S. Characterisation and factors effecting fibre properties. In: _____. **Natural polymers and agrofibers composites.** São Calos: EMBRAPA, 2000. p. 115-134.

ROWELL, W. C. (Ed.). **Handbook of wood chemistry and wood composites.** Boca Raton: CRC, 2005. 487 p.

ROWELL, W. C.; YOUNGQUIST, J. A.; SACHS, I. B. Adhesive bonding of acetylated aspen flakes: part I, surface changes, hydrophobicity, adhesive penetration, and strength. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, Guildford, v. 7, n. 4, p. 183-188, 1987.

RUGGIERO, C. **Bananicultura.** Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1984. 17 p. Apostila.

SAHA, B. C. Hemicellulose bioconversion. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, Hampshire, v. 30, n. 5, p. 279-291, May 2003.

SAMPAIO, P. T. B.; RESENDE, M. D. V.; ARAUJO, A. J. de. Estimativa de parâmetros genéticos e métodos de seleção para o melhoramento genético de *Pinus oocarpa* Schiede. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 625-636, maio 2002.

SANTOS, S. R. **Influência da qualidade da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e do processo kraft de polpação na qualidade da polpa branqueada**. 2005. 160 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2005.

SAVASTANO JÚNIOR, H. **Material à base de cimento reforçado com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo**. 2000. 144 p. Tese (Doutorado em Engenharia da Construção Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

SAVASTANO JÚNIOR, H.; NOLASCO, A. M.; OLIVEIRA, L. Disponibilidade de resíduos de alguns tipos de fibra vegetal, no Brasil, para uso em componentes de construção. In: SEMINARIO IBEROAMERICANO MATERIALES COMPUESTOS FIBRORREFORZADOS, 1.; REUNIÓN PROYECTO PIP, 5., 1997, Cali. **Anais...** Cali: Universidad del Valle, 1997. p. 128-132.

SCARPARE FILHO, J. A. et al. Estudo do primeiro ciclo produtivo da bananeira "nanição" (*Musa* sp.) desenvolvida a partir de diferentes tipos de muda. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 1, p. 86-93, jun. 1998.

SELLERS, T.; MCSWEEN JUNIOR, J. R.; NEARN, W. T. **Gluing of Eastern hardwoods: a review**. New Orleans: Southern Forest Experimental Station, 1988. 6 p.

SILVA, A. G. **Utilização do pseudocaulo de bananeira para produção de celulose e papel**. 1998. 90 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

SILVA NETO, S. P. da; GUIMARÃES, T. G. **Evolução da cultura da banana no Brasil e no mundo**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2011.

Disponível em:

<<http://www.cpa.embrapa.br/noticias/artigosmidia/publicados/287//>>. Acesso em: 5 jan. 2011.

SIMMONDS, N. W. **Bananas**. London: Tropical Agriculture, 1959. 466 p.

_____. _____. 2nd ed. London: Logmans, 1966. 512 p.

SJÖSTRÖM, E.; ALÉN, R. **Analytical methods in wood chemistry, pulping, and papermaking**. Berlin: Springer-Verlag, 1998. 316 p.

SOFFNER, M. L. A. P. **Produção de polpa celulósica a partir de engaço de bananeira**. 2001. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Piracicaba, 2001.

_____. _____. 2003. 70 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2003.

SOTO BALLESTERO, M. **Bananos: cultivo y comercialización**. 2. ed. San José: Lil, 1992. 674 p.

_____. **Bananos: técnicas de producción, poscosecha y comercialización**. 3. ed. San José: Lil, 2008. 1090 p.

SOUZA, A. T. de. **Aspectos econômicos da cultura da banana**. Disponível em: <http://cepa.epagri.sc.gov.br/agorindicadores/opinio/analise_banana.htm>. Acesso em: 12 maio 2008.

SOUZA, C. M. M.; OLIVEIRA, M. M. **Como extrair a fibra de bananeira:** serviço brasileiro de respostas técnicas. Curitiba: Instituto de Tecnologia do Paraná, 2006. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br>>. Acesso em: 23 out. 2006.

SOUZA, O. et al. Biodegradação de resíduos lignocelulósicos gerados na bananicultura e sua valorização para a produção de biogás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 438-443, 2010.

STRAIT, L. H.; RUDE, T. J.; RUHALA, L. A. Measurement of fiber density by Helium pycnometry. In: REED, J. S. (Ed.). **Principles of ceramics processing**. 2nd ed. New York: J. Wiley, 1995. p. 1948-1957.

SWAMY, R. N. (Ed.). **Natural fibre reinforced cement and concrete**. Glasgow: Blackie, 1988. 288 p.

SWEET, M. S.; WINANDY, J. E. The influence of degree of polymerization (DP) of cellulose and hemicellulose on the strength loss of fire-retardant-treated wood. **Holzforschung**, Berlin, v. 53, n. 3, p. 311-317, 1999.

TAGLIARI, C. V. **Desenvolvimento de um bioprocesso para produção de cafeína e teofilina demetilase por *Rhizopus delemar* em fermentação no estado sólido usando casca de café como substrato**. 2003. 133 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

TEIXEIRA, R. S. **Utilização de resíduos sucro-alcooleiros na fabricação de fibrocimento pelo processo de extrusão**. 2010. 131 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia dos Materiais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

TITA, S. P. S.; PAIVA, J. M. F.; FROLLINI, E. Resistência ao impacto e outras propriedades de compósitos lignocelulósicos: matrizes termofixas fenólicas reforçadas com fibras de cana-de açúcar. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 12, n. 4, p. 288-239, out./dez. 2002.

TOLÊDO FILHO, R. D. Materiais compósitos reforçados com fibras naturais vegetais. In: TOLÊDO FILHO, R. D.; NASCIMENTO, J. W. B.; GHAVAMI, K. (Coord.). **Materiais não convencionais para construções rurais**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p. 49-82.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, Piracicaba, n. 29, p. 37-45, abr. 1985.

TROEDEC, M. L. et al. Influence of various chemical treatments on the composition and structure of hemp fibres. **Composites: Part A**, Kidlington, v. 39, n. 3, p. 514-522, Mar. 2008.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A. Correlação canônica das características químicas e físicas de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 66-80, 2003.

VALLE, C. E. **Qualidade ambiental: o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente**. São Paulo: Pioneira, 1995. 117 p.

VICK, C. B.; ROWELL, R. M. Adhesive bonding of acetylated wood. In: _____. **Wood research: bulletin of the wood research Institute**. Kyoto: Kyoto University, 1990. p. 131-141.

WADSO, L. **Studies of water vapor transport and sorption in wood**. 1993. 102 p. Dissertation (Doctoral in Building Materials) - Lund University, Lund, 1993.

WANG, J. H. Papermaking raw materials of China. In: _____. **An atlas of micrographs and the characteristic of fibers**. Beijing: China Light Industry, 1999. p. 66-67.

YASAR, S. et al. The correlation of chemical characteristics and UFResin ratios to physical and mechanical properties of particleboard manufactured from vine prunings. **Scientific Research and Essays**, Victoria, v. 5, n. 8, p. 737-741, Apr. 2010.

YOUNGQUIST, J. A.; ROWELL, R. M. Adhesive bonding of acetylated aspen flakes: part III, adhesion with isocyanates. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, Guildford, v. 10, n. 4, p. 273-276, Dec. 1990.