UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais

Dissertação

Análise do uso de fibras lignocelulósicas obtidas de talos de cascas de bananas na produção de placas termo isolantes

José Euclides Rodrigues Beltran

Pelotas, 2014

José Euclides Rodrigues Beltran

Análise do uso de fibras lignocelulósicas obtidas de talos de cascas de bananas na produção de placas termo isolantes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Pelotas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais.

Orientadora: Profª. Drª. Margarete R. F. Gonçalves

Pelotas, 2014

Pelotas, 20 de março de 2014.

Banca examinadora:

Profa. Dra. Margarete Regina Freitas Gonçalves (Orientadora)

Doutora em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

Prof. Dr. Darci Alberto Gatto (Coorientador)

Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria

---

Profa. Dra. Mônica Regina Garcez

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

Prof. Dr. Antônio Shigueaki Takimi

Doutor em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos
meus pais pelo incentivo
em todos os momentos
de minha vida

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me permitido alcançar mais esse objetivo na vida, e por ter me dado, persistência e força para continuar meu caminho, indo muito mais além.

Aos meus pais, George e Gladis por acreditarem em mim, dando-me, educação, estrutura e incentivo para que eu pudesse sempre ir adiante e minha família pela paciência durante o período em que estive ausente.

À Universidade Federal do Pelotas (UFPel), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciencias e Engenharia de Materiais, pela oportunidade de ter realizado este trabalho na condição de mestrando.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro na forma de bolsa de mestrado, pois sem esta não seria possível ter alcançado meus objetivos.

A Professora Drª Margarete Regina Freitas Gonçalves pela orientação, por ter acreditado em mim, na minha proposta de trabalho, pela amizade, seriedade, profissionalismo, carinho e atenção dedicados durante todo período em que estive aqui na cidade Pelotas.

Ao Prof.Dr. Darci Alberto Gatto, pela coorientação nesta trabalho, pela amizade, e cordialidade dispensada durante todo período em que necessitei da sua ajuda.

Ao Prof. Sergio Cava pela disposição, amizade e compreensão.

Ao Professor Dr. Paulo Edelvar Corrêa Peres e o Professor Dr.Jorge Orlando Noguera Cuellar pela amizade, força, incentivo para realização deste trabalho.

Ao aluno de graduação do curso de Engenharia de Materiais Oscar Giordani Paniz pela dedicação incansável, amizade, seriedade e profissionalismo que sempre dispensou até os últimos instantes em prol da realização deste trabalho.

A biblioteca do Instituto Metodista Centenário pela colaboração e o apoio na realização deste trabalho.

Ao Laboratório de Parasitologia e Microbiologia Oral (LAPEMICRO) da UFSM pelo apoio prestado nas atividades de microscopia e armazenamento de matéria prima.

Ao restaurante Escola da Universidade Federal de Pelotas e ao Restaurante Universitário da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) pelo fornecimento da matéria prima para esse trabalho.

Ao Sr. Paulo Afonso Teixeira pela gentileza na confecção dos moldes em metais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Composição Gravimétrica Media de resíduos sólidos gerados no Brasil. 18
Figura 2 - Estrutura da parede celulósica de uma fibra vegetal. 20
Figura 3 - Principais constituintes das fibras vegetais. 20
Figura 4 – Estrutura de uma celobiose. 21
Figura 5 – Camadas de uma parede celular completa. 22
Figura 6 - Estrutura química da hemicelulose. 23
Figura 7 - Estrutura química da lignina. 24
Figura 8 – Estrutura química da pectina. 24
Figura 9 - Classificação de compósitos em função da fase dispersa. 28
Figura 10 - Influência das fibras em uma matriz de cimento. 30
Figura 11 - Fluxograma com as etapas de desenvolvimento do trabalho 38
Figura 12 - Talos de cascas da banana inteiros (a) e desmembrados (b). 39
Figura 133 – Talos fatiados utilizados na obtenção das fibras lignocelulósicas. 40
Figura 144 - (a) Autoclave vertical da marca Phoenix, modelo AV-18, utilizado na autoclavagem; (b) Talos de casca de banana autoclavados. 40
Figura 15 - (a) Argamassadeira da marca Contenco, modelo I-3010, utilizada no processo de maceração dos talos autoclavados; (b) fibras lignocelulósicas obtidas. 41
Figura 166 - Processo de extração Soxhlet usado para a determinação dos extrativos solúveis das fibras lignocelulósicas. 42
Figura 17 – Conformação dos corpos de prova. (a) molde de silicone; (b) corpo de prova com 10% de fibras lignocelulósicas (F10). 45
Figura 18 - Máquina de ensaio universal da marca EMIC, modelo DL 30000, utilizada na análise mecânica das massas cerâmicas. 46
Figura 19 – Representação esquemática dos constituintes do molde usado para a conformação das placas termo isolantes. 47
Figura 20 – Representação esquemática do equipamento utilizado no ensaio de análise térmica das placas cerâmicas e da massa pura de cimento branco não estrutural. 48
Figura 21 – Teor médio de extrativos solúveis existentes nos talos “in natura” e nas fibras lignocelulósicas. 50
Figura 22 - Teor médio de lignina existente nos talos “in natura” e nas fibras lignocelulósicas. 51
Figura 23 – Difratograma de raios-X das fibras lignocelulósicas. 52
Figura 24 – Micrografias ópticas da fibra lignocelulósica. (a) Morfologia da fibra; (b) Parede integra da fibra, aumento de 400 x. 53
Figura 25 – Micrografias ópticas de feixe de fibras lignocelulósicas. (a) Disposição da fibra, aumento de 100x; (b) Feixe corte transversal corado com safranina 05%, aumento 100 x. 54
Figura 26 - (a) e (b) - Micrografias de um feixe de fibras lignocelulósicas, obtidas por microscopia eletrônica de varredura. 55
Figura 27 – Absorção de água de massas cerâmicas de cimento branco não estrutural e fibras lignocelulósicas, em função da quantidade de fibras e da idade dos corpos de prova. 57

Figura 28 – Resistência a flexão a três pontos de corpos de prova de massas cerâmicas de cimento branco não estrutural e fibras lignocelulósicas, em função da quantidade de fibras. 58
Figura 29 – Desempenho térmico de placas termo isolante obtidas a partir de massas cerâmicas de cimento branco não estrutural e fibras lignocelulósicas. 59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fibras vegetais utilizadas em compósitos. 32
Tabela 2 - Vantagens e desvantagens das fibras vegetais em compósitos. 32
Tabela 3 – Densidade e condutividade térmica de alguns materiais usados na construção civil. 36
Tabela 4 – Massas cerâmicas: Constituintes e fator água/cimento. 44
Tabela 5 - Perda de massa entre talos autoclavados e talos não autoclavados 50
Tabela 6 – Densidade aparente dos corpos de prova 56

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Teor de absorção de água. 44
Equação 2 – Teor de absorção de água. 46

RESUMO

BELTRAN, José Euclides Rodrigues. **Análise do uso de fibras lignocelulósicas obtidas de talos de cascas de bananas na produção de placas termo isolantes.** 2014. 75 f.(Dissertação de Mestrado). PPGCEM/UFPel

Nos setores industriais, atualmente, cresce a necessidade de novos materiais, devido a lacuna gerada pelos materiais convencionais. Algumas dessas carências surgiram por conta do maior rigor aos impactos ambientais, como no caso da fibra de amianto, que era muito utilizada na construção civil em telhas, isolantes, caixas d'água, etc.. Além disto, também as exigências relativas ao mercado de produtos, tais como a redução de custos, o desejo de agregar propriedades diversas em um único material, a melhoria do desempenho e resistência, a redução de peso e a obtenção de novas propriedades físicas, químicas e mecânicas, são o objeto de inúmeras pesquisas de desenvolvimento de produtos. Essa realidade fez com que a pesquisa para o desenvolvimento de novos materiais crescesse exponencialmente desde o século passado, quando fibras sintéticas passaram a ser largamente empregadas em matrizes poliméricas, buscando o desenvolvimento de novos produtos para os mais diversos fins. No entanto, em detrimento do grande desenvolvimento ocorrido, um grande problema de deposição foi gerado pela produção de fibras sintéticas, tendo em vista sua origem fóssil que lhes proporciona uma baixa taxa de biodegradabilidade. Para resolver tal situação, se faz necessário o desenvolvimento de pesquisas com a utilização de fontes renováveis de matérias-primas, produtos biodegradáveis e recicláveis, sendo a fibra de celulose vegetal uma grande alternativa para esta situação. Considerando a problemática acima, no presente trabalho desenvolveu-se um estudo para avaliar a viabilidade do uso de fibras lignocelulósicas oriundas dos talos da casca de bananas, como fonte de matéria prima para a obtenção de massas cerâmicas de cimento branco não estrutural, destinadas a produção de placas termo isolantes. Para tanto, inicialmente, obteve-se e analisou-se química e micro estruturalmente fibras lignocelulósicas de talo de cascas da banana. Posteriormente, elaborou-se e caracterizou-se física e mecanicamente formulações de massa cerâmica constituídas de fibras lignocelulósicas e cimento

branco não estrutural. Por fim, obteve-se e caracterizou-se termicamente placas termo isolantes obtidas a partir das massas cerâmicas. Os resultados mostraram-se eficientes para a obtenção das referidas placas.

Palavras-chave: fibras lignocelulósicas, reciclagem, massas cerâmicas, placas termo isolantes.

ABSTRACT

BELTRAN , José Euclides Rodrigues . Analysis of the use of lignocellulosic fibers obtained from stalks of banana skins swim production of insulating boards . 2014. 76 f. (Master's Dissertation) PPGCEM / UFPel

The need for new materials has been growing in the industries lately, because of the gap generated by conventional materials. Some of these shortcomings have arisen due to the tightening of environmental impacts, as in the case of asbestos fiber, which was widely used in building activities, such as in tiles, insulators, water tanks, etc. In addition, the requirements related to the product market, such as the cost reduction, the desire to add several properties in a single material, the performance improvement and endurance, the weight reduction and the achievement of new physical, chemical and mechanical properties, are the object of numerous studies concerning product development. This reality made the research for the development of new materials grow exponentially over the past century, when synthetic fibers started being widely used in polymeric matrices, seeking the development of new products for different purposes. However, over the major development occurred, a big deposition problem was generated by the production of synthetic fibers, given its fossil origin that provides them a low rate of biodegradability. To solve this situation, it is necessary to develop research using renewable raw materials, biodegradable and recyclable products, and cellulose fiber is a great alternative to this situation. Considering these problems, the present study evaluates the feasibility of using lignocellulosic fibers derived from stalks of banana peel as a source of raw material for the production of non-structural ceramic masses of white cement, intended to produce insulating boards. For this purpose, in the first moment, lignocellulosic fiber of stalks of banana peel was obtained and analyzed chemically and micro structurally. Then formulations of ceramic body consisting of lignocellulosic fibers and non structural white cement were prepared and characterized physically and mechanically. Finally, insulating boards obtained from ceramic bodies were obtained and characterized thermally. The results were effective for obtaining insulating boards.

Keywords: lignocellulosic fibers, recycling, ceramic bulk, insulating boards.

SUMÁRIO

1. Introdução 14
2. Objetivos 16
2. 1 Objetivo Geral 16
2. 2 Objetivo Específicos 16
3. Revisão Bibliográfica 17
3.1 Resíduos sólidos de origem vegetal 17
3.2 Fibras vegetais 19
3.3 Fibras vegetais de talos de banana 26
3.4 Compósitos 28
3.4.1 Compósitos cimentícios 29
3.4.2 Compósitos de cimento e fibra vegetal 31
4 Materiais e Métodos 38
4. 1 Fibras lignocelulósicas: Obtenção e caracterização 39
4. 2 Massas cerâmicas: Formulação e caracterização 43
4. 3 Placas termo isolantes: Obtenção e análise térmica 47
4. 4 Limitações da pesquisa 48
5 Resultados e Discussão 50
5.1 Perda de massa dos talos autoclavados 50
5.2 Análise química das fibras lignocelulósicas 50
5.2 Análise microestrutural das fibras lignocelulósicas 52
5.3 Massas cerâmicas de cimento branco não estrutural e fibras lignocelulósicas 56
5.3.1 Densidade aparente 56
5.3. 3 Absorção de água 57
5.3.4 Resistência mecânica a flexão 58
5. 4 Análise térmica das placas termo isolantes 59
6 Conclusões 60
7 Referencias Bibliográficas 61
8 Apêndices 68
9 Anexo 74

1. Introdução

Segundo Callister (2012), a decisão sobre o uso dos materiais de engenharia tem impacto sobre o consumo de matérias primas e energias, sobre a contaminação da água, ar e solo e sobre a capacidade de reciclar ou descartar os produtos consumidos. A solução para essa problemática está na reciclagem como alternativa ao planeta e para a qualidade de vida das futuras gerações.

Na questão reciclagem dos produtos consumidos, em detrimento da grande quantidade de resíduos que são descartados após o consumo doméstico, comercialização e industrialização de frutas, são poucos os projetos que se utiliza desses resíduos e que leva em consideração para a produção de bens de consumo os princípios da eco-eficiência e de energias renováveis. Esses resíduos vegetais são depositados no lixo doméstico, gerando nessa condição uma série de problemas ao meio ambiente, tais como: ocupação do espaço, estética, saúde publica, degradação de recursos naturais e custos de recolhimento e processamento. Esses itens representam custos de mão de obra, transporte, energia e comprometimento do bem estar e do ambiente.

No Brasil, a Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao país no enfrentamento dos problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos, dentre esses os de origem vegetal. A referida lei propõe a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos e ações de destinação ambientalmente adequada para os rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado).

O Brasil é o segundo maior país produtor de banana do mundo com um volume de 6.864.055 toneladas/ano (Fonte: Levantamento sistemático da Produção Agricola-LSPA, Fevereiro, 2012) e , também, um dos que mais a consomem, cerca de 31Kg/ hab./ano (FAO, 2012). Devido a isto, nos lixões das cidades brasileiras, cresce o volume de resíduos oriundos da casca e talo de bananas. A constatação dessa elevada disponibilidade de resíduo de banana motivou o interesse pelo desenvolvimento do presente trabalho que analisou o

emprego de fibras lignocelulósicas oriundas do talo de cascas de bananas em processos de obtenção de placas termo isolantes.

O interesse na obtenção de placas termo isolantes está na escassez deste produto no mercado nacional da construção civil e na intenção de obtenção de um produto para uso no tratamento térmico das habitações brasileiras.

Espera-se com o resultado desse trabalho reduzir o impacto ambiental provocado pelo descarte de resíduos vegetais e diminuir a poluição provocada pelos processos de obtenção de fibras vegetais que, em sua maioria, são poluidores químicos.

2. Objetivos

2. 1 Objetivo Geral

Análise do uso de fibras lignocelulósicas oriundas do talo de cascas de bananas em processos de obtenção de placas termo isolantes produzidas com massas cerâmicas de cimento branco não estrutural.

2. 2 Objetivo Específicos

- Obter fibras lignocelulósicas oriundas do talo de cascas da banana;
- Analisar química e microestrutural as fibras lignocelulósicas obtidas;
- Elaborar formulações de massa cerâmica constituídas de fibras lignocelulósicas e cimento branco não estrutural;
- Caracterizar física e mecanicamente as massas cerâmicas;
- Obter e caracterizar termicamente placas termo isolantes obtidas com as massas cerâmicas.

3. Revisão Bibliográfica

3.1 Resíduos sólidos de origem vegetal

De acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 10004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2004), resíduos sólidos são todos os descartes nos estados sólido e semi-sólido que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.

O crescimento expressivo da produção de resíduos sólidos é um problema que abrange praticamente todos os continentes do planeta. Estes, quando gerados em excesso, mal gerenciados ou dispostos de forma precária no ambiente causam impactos negativos, como poluição do ar, água e solo e assoreamento de cursos d'água e represas.

No Brasil as primeiras ações governamentais para a prevenção e a redução da geração de resíduos sólidos estão na Lei nº 12.305/2010, que contém diretrizes para o enfrentamento dos problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos mesmos, e no Caderno de Diagnóstico sobre Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) do Ministério do Meio Ambiente, de agosto de 2011, destaca os principais materiais considerados como resíduos sólidos urbanos, o metal (aço e alumínio), o papelão, os plásticos e os alimentos.

Segundo Besen et al. (2010), a produção de resíduos sólidos está diretamente relacionada ao consumo e à concentração urbana. O consumo cresce devido às melhorias nas condições sócio econômicas da população, a inovação tecnológica, aos estímulos de campanhas publicitárias e aos padrões de consumo adotados pela sociedade.

Os principais resíduos sólidos descartados no Brasil são alumínio, aço, papel, papelão, plástico, vidro e orgânicos de origem vegetal ou animal produzidos nas residências, escolas, restaurantes, empresas e pela própria natureza. O gráfico da Figura 1 apresenta a participação dos principais materiais no total de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) coletado no Brasil em 2012, segundo pesquisas da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública.

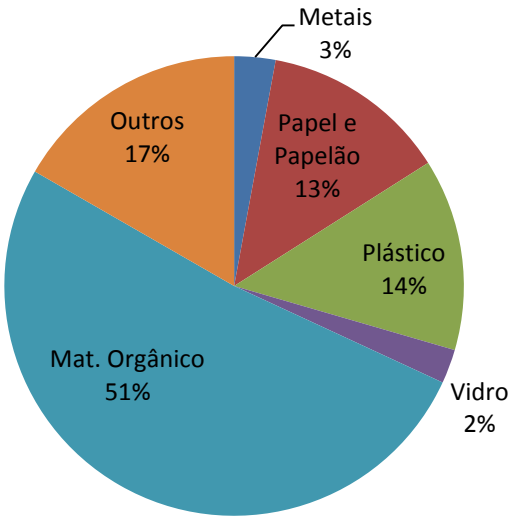


Figura 1 - Composição Gravimétrica Media de resíduos sólidos gerados no Brasil.

Fonte: Pesquisa ABRELPE 2012.

Os resíduos sólidos orgânicos, em geral, são coletados e enviados juntamente com outros resíduos para os lixões comuns. Esse modo de destinação causa para a maioria das cidades despesas que poderiam ser evitadas se fosse levado em consideração o tratamento correto desses materiais que poderiam ser aproveitado em compostagem (MASSUKADO, 2004), por exemplo.

Os resíduos sólidos orgânicos, provenientes do processamento de produtos de origem vegetal (cascas de frutas, bagaços, oleaginosas, fibrosas, madeireiras, etc.), apresentam em suas composições diferentes constituintes que possibilitam a suas inserções em processos que resultem em novas matérias primas destinadas para os mais diversos setores da economia. Estes são geradores de matéria prima rica em fibras vegetais que por meio de reciclagem podem gerar novos produtos.

A reciclagem dos resíduos sólidos diminui o impacto ambiental, reduz o volume total de lixo acumulado, limita a retirada de matéria-prima da natureza e, na maioria das vezes, propicia a criação de novos empregos, geração de renda e melhoria da qualidade de vida das comunidades. Um exemplo de reciclagem deste tipo de resíduo esta na produção de papel embranquecido cujo custo, em uma escala ambiental de 0 a 25, é de 3,27se for papel virgem e é de 2,27se for papel reciclado (MANZINI et. al., 2008).

O processo de reciclagem dos resíduos sólidos de origem vegetal no Brasil vem sendo alvo de pesquisas há algumas décadas. Na literatura são citados muitos casos de utilização desses materiais para gerar novos produtos, como por exemplos os trabalhos de Swift (1985), Guimarães (1990), Agopyan (1991) e Soroushian et al.;(1995), que relatam as diversas experiências sobre o uso de matrizes a base de cimento reforçadas com fibras naturais, destinadas a produção de componentes construtivos, tais como telhas, painéis de vedação vertical, caixas d'água e pias de cozinha. Além destes, com destaque mais recente, tem-se os trabalhos realizados por Bento, et al. (2008) e Machado, et al. (2009), que se utilizaram de fibras de coco no estudo de compósitos para a obtenção de concreto não estrutural e de gabinetes de computadores, respectivamente.

Ainda no que se refere à construção civil a aplicação de resíduos de origem vegetal esta voltada para a produção de compósitos a base de fibrocimento. Basicamente, as principais fibras vegetais utilizadas para o desenvolvimento desses compósitos são:

- *Sisal:* Fibra abundante que no desfibramento dá origem a três toneladas de bucha, assim chamada a fibra de menor comprimento, que se concentra na base da folha do sisal.
- *Casca do coco***:** Fibra de 1 a 3 cm comprimento, sendo por isto considerada ideal para reforço de matrizes cimentícias.
- *Algodão e polpa de celulose de eucalipto*: Fibras curtas (comprimento inferior a 5 mm), o que as direciona para reforço de pastas.
- *Malva*: Fibras que apresentam como vantagem a presença de fibrilas (ramificações superficiais), que aumentam a ancoragem da fibra na matriz. A presença de impurezas não fibrosas interfere negativamente o que sugere sua limpeza prévia.
- *Bananeira*: Fibra proveniente das folhas, pseudocaule e do engaço .

3.2 Fibras vegetais

As fibras vegetais (microfibrilas de celulose) são os principais componentes da parede celulósica dos vegetais. A organização das fibras

vegetais forma a parede primaria na qual ocorre uma camada gelatinosa denominada de lamela média (Fig. 2).

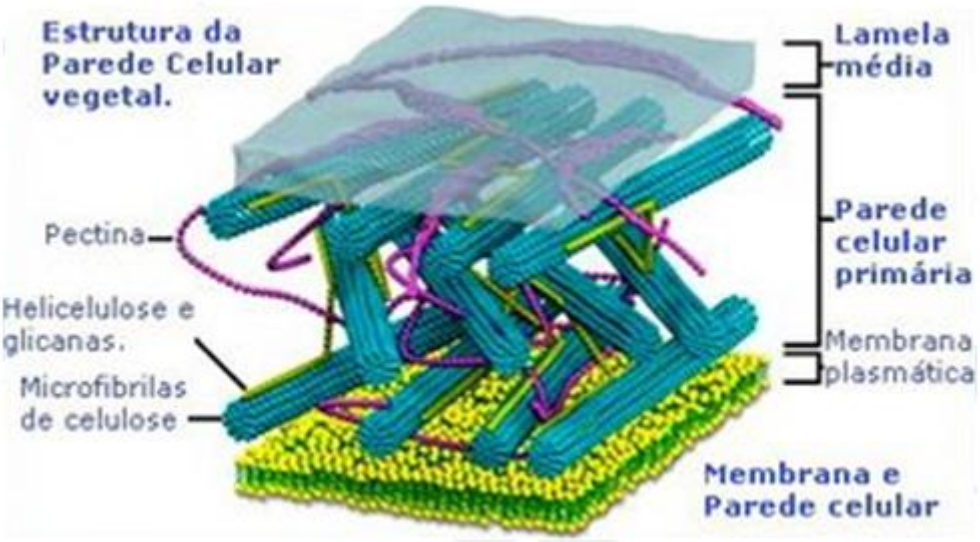


Figura 2 - Estrutura da parede celulósica de uma fibra vegetal.

Fonte: www.sobiologia.com.br. Acessado em 01/02/2014.

As fibras vegetais são compostas, principalmente, por celulose, hemicelulose e lignina (Fig. 3).

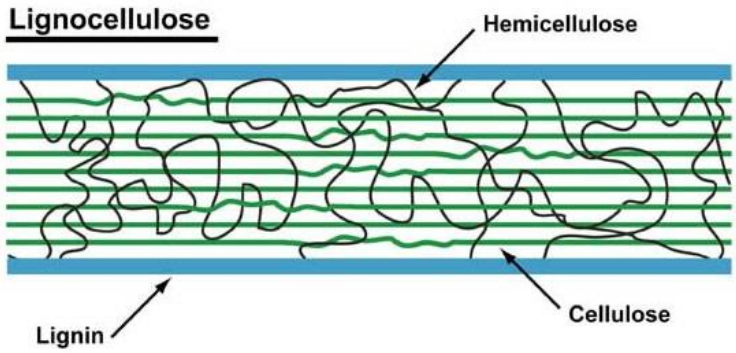


Figura 3 - Principais constituintes das fibras vegetais.

Fonte: Lignocellulose and Its Components (Image: USDA Agricultural Research Service), 2000

De acordo com Araújo, J. R., et al. (2006), também são encontrados nas fibras vegetais compostos inorgânicos e moléculas extraíveis com alguns tipos de solventes orgânicos, como pectinas, carboidratos simples, terpenos, alcaloides, saponinas, polifenólicos, gomas, resinas, gorduras e graxas, entre outros.

Dependendo do tipo de vegetal a celulose pode apresentar-se com até 45%, a hemicelulose com 26% e a lignina com 23% e os demais componentes com porcentagens insignificantes (ROGALINSKI. T, INGRAN, T.; BRUNNER, G.; J, 2008).

Segundo Jayaraman (2003), as fibras vegetais podem ser consideradas como compósitos de fibrilas de celulose mantidas coesas por uma matriz constituída de lignina e hemicelulose, cuja função é agir como barreira natural à degradação microbiana e servir como proteção mecânica aos vegetais. Suas características estruturais estão relacionadas principalmente à natureza da celulose e ao seu potencial de cristalinidade.

- Celulose

A celulose é o material orgânico estruturado por duas moléculas de amido-glicose eterificadas por ligações β-1,4-glicosídicas, constituindo uma longa cadeia que possui de 800 a 17000 unidades de glicose. Essas unidades repetitivas, conhecidas como celobiose (Fig. 4), contêm seis grupos de hidroxilas que estabelecem interações do tipo ligações de hidrogênio intra e intermolecular. Devido a essas ligações de hidrogênio a celulose gera cristais que a tornam completamente insolúvel em água e na maioria dos solventes orgânicos.

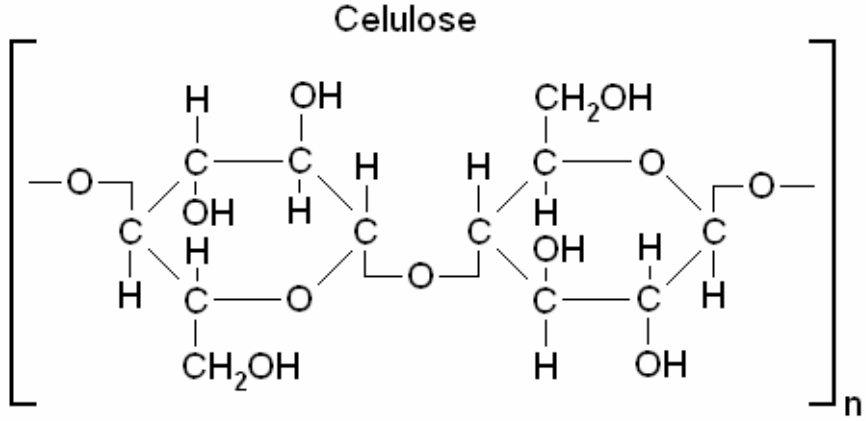


Figura 4 – Estrutura de uma celobiose.

Fonte: Jastrzebski, 1987.

Segundo Araujo, J. R. et al. (2008), o grau de cristalinidade da celulose varia de acordo com sua origem e processamento. A celulose de algodão, por exemplo, possui cadeias mais ordenadas, apresentando cristalinidade de aproximadamente 70%, enquanto que a celulose de árvores apresenta índice de cristalinidade ao redor de 40%.

Na parede celulósica ocorre uma estrutura organizacional de camadas complexas (Fig. 5), constituída por uma parede primária fina que circunda uma parede secundária. A parede secundária é constituída por três camadas conhecidas por (S1, S2 e S3), onde a camada intermediária (S2) determina as propriedades mecânicas da fibra e consiste em uma série de microfibrilas, helicoidalmente formadas por longas cadeias de celulose e organizadas no sentido da fibra. Tais microfibrilas têm o diâmetro de 10 a 30 nm e são resultantes do empacotamento de 30 a 100 cadeias de celulose estendidas.

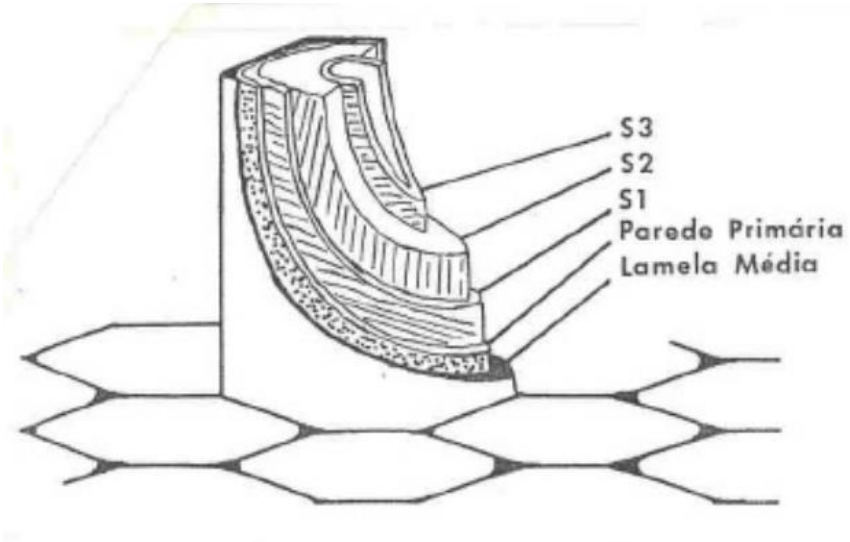


Figura 5 – Camadas de uma parede celular completa.

Fonte: Brett e Waldron,1990

- Hemicelulose

O termo hemicelulose é usado para os polissacarídeos que ocorrem normalmente associados à celulose, em paredes celulares.

A hemicelulose (Fig.6), também denominada de polioses, consiste de vários monossacarídeos polimerizados, incluindo carboidratos de cinco carbonos (como xilose e arabinose), carboidratos de seis carbonos (como galactose,

glucose e manose), ácido 4-O-metil glucurônico e resíduos de ácido galactorônico.

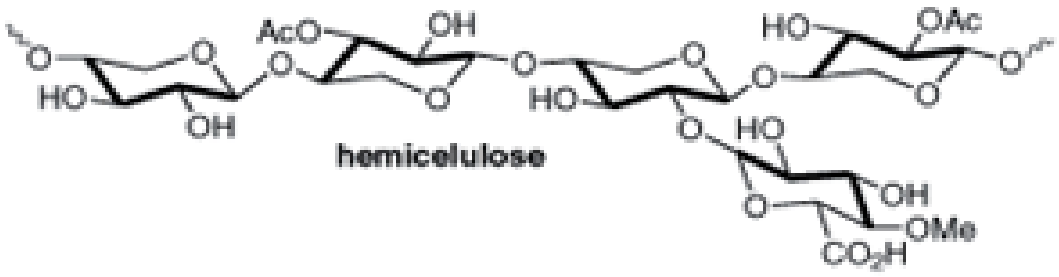


Figura 6 - Estrutura química da hemicelulose.

Fonte: Potencialidades e oportunidades na química da sacarose e outros açúcares,2009

A hemicelulose é bastante hidrofílica, contém considerável grau de ramificação entre suas cadeias, é de natureza altamente amorfa e possui um DP (grau de polimerização) variando de 150 a 200 cadeias. (YANG, B.; WYMAN, C. E.; BIORESOUR, 2008).

- Lignina

A lignina, que está associada com a celulose e a hemicelulose na composição de materiais lignocelulósicos, é um material hidrofóbico com estrutura tridimensional, altamente ramificada, podendo ser classificada como um polifenol, o qual é constituído por um arranjo irregular de várias unidades de fenilpropano que pode conter grupos hidroxila e metoxila como substituintes no grupo fenil (Fig. 7).

As ligações éteres dominam a união entre as unidades da lignina, que apresenta um grande número de interligações. Esta resina amorfa atua como um cimento entre as fibrilas e como um agente enrijecido no interior das fibras. A força de adesão entre as fibras de celulose e a lignina é ampliada pela existência de ligações covalentes entre as cadeias de lignina e os constituintes da celulose e da hemicelulose (JOHN, M. J.; THOMAS, S.; 2008).

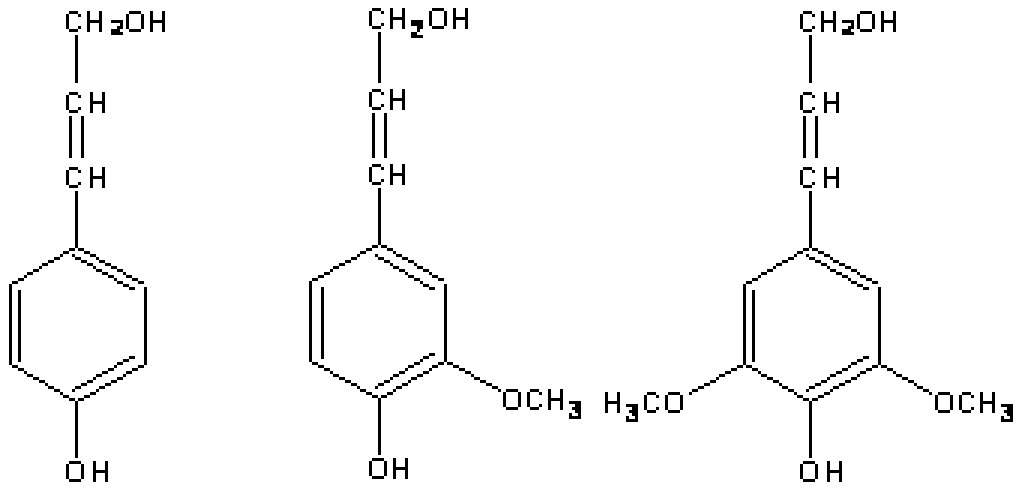


Figura 7 - Estrutura química da lignina.

Fonte: http://woodscience.oregonstate.edu, 2014

- Pectinas

As pectinas constituem um grupo complexo de polissacarídeos (Fig. 8) que são encontrados na parede celular primária e nas camadas intercelulares de plantas terrestres.

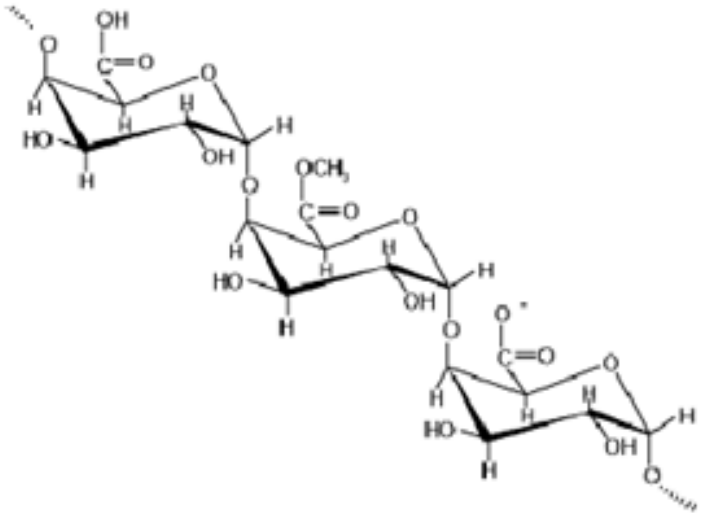


Figura 8 – Estrutura química da pectina.

Fonte: www.sucre-info.com/index.php?id.2014

De acordo com Aspinall (1970), as pectinas apresentam-se ligadas à celulose, hemicelulose e lignina e são mais abundantes em frutos e em tecidos

jovens, tais como cascas de frutas cítricas. Na banana elas representam em torno de 0,7 a 1,2 % em se tratando de massa fresca (THIBAULT, J.F.; PETIT, R.,1979).

As pectinas contribuem para a adesão entre as células e para a resistência mecânica da parede celular (PTITCHKINA, et al.,1994). Além de seu papel importante no crescimento das células Stoddart (1967) elas também estão envolvidas em interações com agentes patogênicos e a sua quantidade e natureza são determinantes para a textura de frutos e vegetais em geral, durante o seu crescimento, amadurecimento, armazenamento e processamento (ROMBOUTS, et. al,1978).

Para a obtenção de fibras vegetais aplicam-se processos químicos com condições específicas de tempo, reação, pressão, temperatura e concentração de reagentes. Os processos químicos mais utilizados são o Kraft e o Sulfito.

O processo Kraft é o mais utilizado e é designado, genericamente, de polpação. O objetivo deste é o de degradar e dissolver a lignina, deixando a maior parte da celulose e das hemiceluloses intacta nas fibras (SMOOK, 1990). Neste usa-se hidróxido de sódio (NaOH) e sulfeto de sódio (Na_2S) como produtos químicos para o cozimento. Concluída a etapa de cozimento, os residuais químicos e as substâncias dissolvidas formam a solução aquosa que é chamada de licor negro, um subproduto do processo de polpação. Para que o processo de polpação tenha viabilidade econômica, a soda que reagiu com as fibras celulósicas, deve ser recuperada. A inexistência de um sistema de recuperação neste processo e a consequente descarga do licor negro em rios significaria desperdiçar combustíveis e reagentes, além de provocar poluição no meio ambiente (MORAIS, et al., 2000).

De acordo com Mocelin (2005), o processo Kraft difundiu-se mundialmente pelas características de boa qualidade das fibras obtidas, por sua versatilidade em termos de matéria-prima e, principalmente, pela possibilidade de recuperação dos reagentes utilizados. Conforme relata Costa (2011), no Brasil 99% de toda a celulose produzida origina-se através desse processo. Porém, sua principal característica desfavorável é o baixo rendimento obtido, resultado da solubilização de grande parte da lignina, das hemiceluloses e parte da celulose.

No processo Sulfito para a obtenção da fibra vegetal o ácido usado é preparado por meio de queima de enxofre (S) para produzir dióxido de enxofre (SO_2). Após o arrefecimento, o SO_2 é absorvido por uma solução alcalina (base desejada), numa torre de absorção. Em seguida, o licor formado é enviado para uma torre de recuperação de baixa pressão e, posteriormente, para um acumulador de alta pressão, onde o calor, o vapor de água e dióxido de enxofre libertados em um cozimento prévio, são absorvidos para formar o ácido de cozimento. Já no digestor, o processo ocorre com excesso de SO_2, para garantir que não tenha libertação de SO_2 combinado (SILVA, 2008).

Embora seja um dos processos mais relevantes na produção de pastas químicas, o processo Sulfito tem perdido importância em comparação com o processo Kraft. Este tem como vantagem a obtenção de pastas com grau de brancura elevado e como desvantagens ciclos de cozimento longos, não é aplicável a todas as espécies madeireiras, a recuperação dos agentes de cozimento é difícil e as propriedades mecânicas são mais fracas relativamente ao processo Kraft (CORREA, 2011).

3.3 Fibras vegetais de talos de banana

Considerando que as fibras vegetais a serem utilizadas no desenvolvimento do presente trabalho são oriundas de talos de bananas fez-se uma breve revisão sobre a sua origem, disponibilidade e aplicação.

A bananeira é uma árvore cultivada em todos os países do mundo, principalmente nos tropicais e subtropicais. No Brasil esta totalmente agregada à paisagem e é cultivada desde o litoral até o interior, porém as características das regiões, como altitude, temperatura, escassez ou má distribuição de chuvas, influenciam na qualidade das frutas produzidas.

No mundo existem, aproximadamente, 180 variedades de bananeiras, sendo que no território brasileiro ocorrem 35 delas. Dessas, apenas 20 variedades produzem frutos comestíveis, sendo as mais conhecidas as bananas nanica, prata, ouro, maça, d'água, são-tome, figo, da terra, cacau, abobora, chocolate e manteiga.

Os talos e as cascas de banana, resíduos gerados pelo elevado consumo de bananas, geralmente, são descartados como lixo doméstico ou utilizados na

alimentação animal. Eventualmente, estes são destinados para compostagem ou tratamento de solos. No processo de compostagem a inserção dos talos e cascas de banana ajuda na fixação do cálcio, magnésio, enxofre, fosfato, potássio e sódio, minerais importantes para o crescimento saudável dos vegetais. Outra forma de utilização das cascas de bananas é transformá-las em líquido a ser pulverizado no solo ao redor das plantas.

No tocante a reciclagem, os talos e as cascas e de banana são considerados como recursos primários renováveis, ricas em fibras lignocelulósicas que podem gerar a partir de sua biomassa matéria prima para papel e celulose, substrato para fermentação, ração animal, fibras têxteis, energia renovável, dispersantes floculantes, plásticos recicláveis, material de construção civil, etc..

Segundo Guimarães (2006), focado na trilha da sustentabilidade ambiental, pesquisas revelam que compósitos biodegradáveis preparados a partir de amido e de fibras de bananeira podem apresentar características superiores aos compósitos sintéticos, apesar de ainda serem mais caros na produção. As aplicações desses compósitos são inúmeras, desde a indústria automobilística até a construção civil. Além disto, a obtenção da farinha da casca da banana mostrou ser um empreendimento bastante promissor, sendo viável sua utilização no enriquecimento dos alimentos ou na substituição parcial da farinha de trigo, podendo ser utilizada na panificação, em alimentos infantis, doces e produtos dietéticos (PESSOAS, 2009).

Conforme notícia publicada no Portal Agro do Globo Rural (http://colunas.globorural.globo.com/agropauta/category/agro/), divulgada em 2009, resultados do projeto “Obtenção de Etanol a partir de Casca de Banana” mostram que a fermentação de um quilo de cascas de bananas pode gerar entre 127 e 190 ml de etanol.

Relatos no trabalho de Castro, et al. (2010) mostram que estudos feitos sobre a aplicação da casca de banana na remoção de íons Cu(II) e Pb(II) em meio aquoso apresenta capacidade de adsorção semelhantes aos materiais sintéticos, 0,33 e 0,2 mmol/g para Cu(II) e Pb(II), respectivamente. O bom funcionamento do material, também, em valores de pH ácido (igual a 3) sugere uma possível aplicação do mesmo na remoção de espécies metálicas tóxicas em efluentes industriais.

Recente estudo na área de saúde, divulgado por Atzingen (2010), mostra a aplicação da casca de banana “Musa sapientum” como agente cicatrizante no tratamento fitoterápico de feridas em ratos.

3.4 Compósitos

Os materiais compósitos pertencem a classe de materiais compostos por uma fase contínua, denominada de matriz, e uma fase dispersa, denominada de reforço ou modificador. As suas propriedades são função das propriedades das fases constituintes, de suas quantidades relativas e da geometria e distribuição da fase dispersa (CALLISTER, 2008).

A fase matriz de um compósito pode ser metálica, cerâmica ou polimérica. A matriz tem como principais funções: promover a ligação entre as fibras; proteger as fibras de danos superficiais que podem resultar da abrasão mecânica ou de reações químicas com o meio ambiente; e separar as fibras, atuando como uma barreira que evita a propagação de fissuras.

A fase dispersa de um compósito pode se apresentar na forma de fibras, partículas e plaquetas (laminados e sanduíches) dispersas na matriz (Fig. 9). Sua principal função é de reforçar materiais, principalmente os frágeis como, por exemplo, os materiais cimentícios (FELIPETTO, 2005).

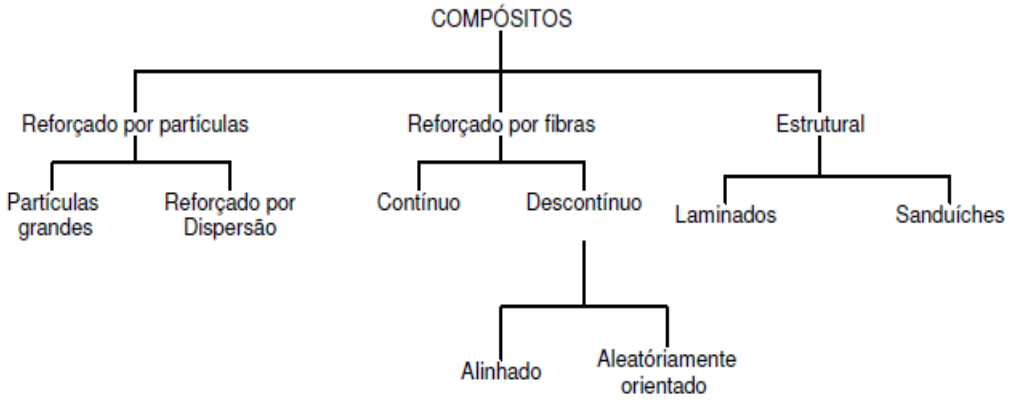


Figura 9 - Classificação de compósitos em função da fase dispersa.

Fonte: Ribeiro, 2009.

Para o reforço representar uma vantagem para o compósito este deve ser mais forte e rígido que a matriz e, ainda, deve ser possível a sua troca quando for necessário. Desse modo, a boa interação entre matriz e reforço pode ser garantida pela criação de uma interface entre ambos, que possa adequar a rigidez do reforço com a ductilidade da matriz. Para tal é essencial que a ductilidade da matriz seja mínima, ou mesmo nula, para que o compósito apresente um comportamento relevante (VENTURA, 2009).

3.4.1 Compósitos cimentícios

Compósitos cimentícios são formados por uma matriz de cimento e uma ou mais fases dispersas. As matrizes mais utilizadas são à base de cimento Portland e as fases dispersas mais comuns são a brita e a areia, que dão origem a concretos e argamassas. As matrizes de cimento, no entanto, são frágeis e quebradiças e, sob a ação de pequenos esforços de tração ou deformações por alongamento, tendem à formação de fissuras.

Para reduzir a fissuração da matriz de cimento são adicionadas fibras que possibilitam o aumento da tenacidade, da resistência à tração e ao impacto e, também, impedem a ruptura súbita após o início da fissuração, devido à deformação plástica que adquirem. Nos compósitos são utilizadas fibras de aço, polipropileno, carbono, vidro, nylon, vegetal, dentre outras.

Devido a interações físico-químicas entre as fibras e a matriz forma-se uma fase intermediária, chamada interface ou zona de transição que, embora de pequena espessura, pode interferir no controle dos mecanismos de falha, na tenacidade, na fratura e na relação tensão-deformação do material (PAIVA, 2005).

Tratando-se de matrizes cimentícias, segundo Savastano Jr. e Santos (2011), o reforço com fibras tem o objetivo de aumentar a resistência aos impactos, à tração e a capacidade de absorver a energia. A forma de distribuição das fibras, comprimento, grau de aderência e durabilidade determinam o comportamento mecânico do novo material.

As fibras inibem o início e a propagação das fissuras, mas, é no estado de pós-fissuração inicial (Fig. 10) que estas exercem o seu principal efeito que é o de

"costurar" e interceptar a progressão das microfissuras, evitando assim a ruptura brusca (PAIVA, 2005).

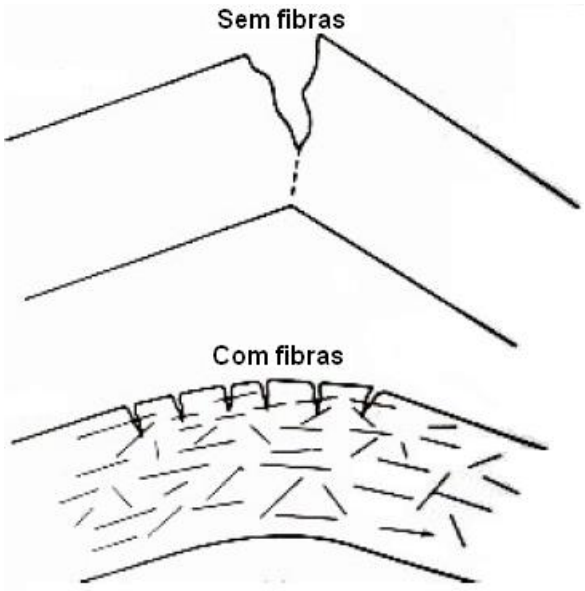


Figura 10 - Influência das fibras em uma matriz de cimento.

Fonte: Metha e Monteiro, 2008.

De acordo com Garcez (2005), a eficiência do reforço das fibras na matriz cimentícia pode ser caracterizada em dois estágios: pré e pós-fissuração. Em ambos os casos o comportamento é controlado pela interação fibra-matriz (interface ou zona de transição), por meio de processos de transferência de força da matriz para as fibras. A boa interação fibra-matriz resulta em um aumento da capacidade de absorção de energia do compósito.

No estágio de pré-fissuração a transferência de tensões entre a fibra e a matriz ocorre da aderência desenvolvida na interface, que distribui o carregamento externo entre ambas. Enquanto houver aderência, os deslocamentos longitudinais dos dois componentes devem ser compatíveis, isto é, a deformação na interface deve ser a mesma. Devido à diferença de rigidez entre as fibras e a matriz, aparecem tensões tangenciais ao longo da superfície de contato, que auxiliam na transferência de parte da força aplicada para as fibras. Quando as tensões tangenciais na interface excedem a tensão de aderência entre a fibra e a matriz inicia-se o processo de desligamento da fibra e o surgimento de tensões de atrito na interface Garcez (2005).

Na fase de pós-fissuração o mecanismo dominante na transferência de tensões da matriz para as fibras passa a ser o atrito. A tensão de atrito é uma tensão tangencial distribuída ao longo da interface fibra-matriz. Com o aumento da carga, ocorrem deslocamentos relativos entre a fibra e a matriz, ou seja, as fibras passam a sofrer um processo de arrancamento. O gasto para o arrancamento da fibra é muito elevado, o que justifica a tenacidade do compósito (NUNES; AGOPYAN, 1998).

Outros aspectos com influência significativa sobre a resistência e outras propriedades dos compósitos reforçados são o arranjo (orientação), a concentração e a distribuição das fibras na matriz. Segundo Romão (2003), à medida que a quantidade de fibras aumenta, a tensão aplicada no compósito é distribuída de forma mais uniforme e, geralmente, o módulo e resistência à tração do compósito aumentam, em detrimento da deformação na rotura. Contudo, existe uma quantidade máxima de fibras a partir da qual a resistência à tração decresce como consequência da quantidade insuficiente de matriz para manter as fibras adequadamente juntas.

3.4.2 Compósitos de cimento e fibra vegetal

Segundo Silva, et. al. (2008), o interesse por compósitos com fibras vegetais está relacionando às propriedades e características destas, podendo-se destacar o baixo custo, a baixa densidade, a flexibilidade no processamento e o uso de sistemas simples quando o tratamento de superfície se faz necessário. Além disso, as fibras vegetais são fontes renováveis, disponíveis, não-abrasivas, porosas, visco elásticas e biodegradáveis.

A Tab. 1 Identifica as fibras vegetais mais utilizadas em compósitos e a Tab. 2 as vantagens e desvantagens de seu uso.

Origem	Fibras
Insumo virgem e renovável	sisal, madeira, bananeira, piaçava, algodão , cânhamo, juta, bromélia, bucha (esponja vegetal), bambu e malva
Resíduos	Bagaço de cana e de outros vegetais, folhas e caules de árvores, casca do coco, abacaxi (coroa), papel, papelão e celulose, cascas e palhas de arroz, amendoim, trigo, etc..., serragem e pó de madeira

Tabela 1 - Fibras vegetais utilizadas em compósitos.

Fonte:TANOBE *et al*., (2003); BISWAS *et al*., (2004)

Vantagens	• Baixo custo se comparados às fibras artificiais • Produzem resíduos de baixa toxidade na incineração • Não abrasivas aos equipamentos de processo • Boas propriedades mecânicas: peso x resistência. • Baixo consumo de energia • Produtos recicláveis e biodegradáveis • Atendem as pressões ambientais ao uso de recursos naturais renováveis • Contribuem com a criação de empregos rurais
Desvantagens	• Produção depende do clima • Grande variações na propriedades • Produção sazonal (coleta e armazenamento) • Higroscópicas • Susceptíveis a ação de fungos e bactérias • Degradação da lignina em aproximadamente 200°C

Tabela 2 - Vantagens e desvantagens das fibras vegetais em compósitos.

Fonte: Carvalho (2003)

Em compósitos cimentícios aditivados com fibras vegetais, de acordo com Sales, (2006), resumidamente, existem três categorias de interação, as quais são: (i) interação de ordem física que está relacionada à alta capacidade de absorção de água pela fibra e que pode provocar a perda do contato com a matriz e de aderência na interface; (ii) interação química entre a fibra vegetal e a matriz que possibilita que a água alcalina do poro da matriz cimentícia cause desintegração de componentes da fibra, tais como a lignina e a celulose (componente menos suscetível ao ataque do meio alcalino); e a interação de ordem cristalina que ocorre devido à migração de produtos de hidratação, especialmente o hidróxido de cálcio, para a cavidade central, paredes e vazios da fibra, onde se cristalizam.

Além do desempenho mecânico, também aspectos ligados à degradação das fibras vegetais incorporadas em matrizes cimentícias foram pesquisados. Os resultados mostraram que a principal fonte de degradação de vegetais no ambiente natural, o ataque biológico, não representa maiores preocupações, porque as matrizes empregadas apresentam pH alcalino capaz de inibir sua ação (TONOLI, 2009).

Entretanto, conforme relato de Silva, et al.(2009), nos compósitos cimentícios as fibras vegetais podem sofrer vários graus de degradação devido a intensidade do ambiente alcalino e das características da fibra. Nessas situações a incompatibilidade entre a fibra e a matriz pode ser química (podendo enfraquecer ou petrificar a fibra) ou física (passível de causar perda de aderência).

A degradação devido ao meio alcalino ocorre, principalmente, na lignina presente nas fibras vegetais, tornando-a solúvel e ocasionando a separação das fibrilas de celulose (desfibramento) que até então estavam unidas pela lignina. A separação dos filamentos pode estar associada a outros processos de degradação como a petrificação, que também pode estar associada à perda da tenacidade do compósito com o passar do tempo e a degradação severa em função de contínuas mudanças de volume das fibras vegetais dentro da matriz de cimento (AGOPYAN et al., 2005). Cabe salientar que a lignina é um dos principais componentes da fibra vegetal visto que sua estrutura resinosa atua como um cimentício que propicia resistência a fibra.

Joaquim et al. (2009) citam em seu trabalho que a utilização de fibras não tratadas em matrizes cimentícias causa a liberação de compostos ácidos que atrasam o tempo de pega do cimento e que essa alteração esta relacionada a presença de pectina na fibra, que tem a capacidade de reagir com o cálcio impedindo a formação de compostos de silicatos de cálcio hidratado(CSH). Além disto, também, relatam que as fibras vegetais não tratadas têm baixos níveis de aderência a massa cimenticia, podendo gerar fissuras na zona de interface e causar alterações na resistência a flexão do compósito.

A remoção isolada da pectina é impossível sem que junto seja retirada também a lignina. Os tratamentos comumente propostos para remoção da pectina e, consequente, deslignificação das fibras vegetais são físicos, químicos e biológicos.

Os processos físicos envolvem o tratamento a vapor (autoclavagem) e a redução do tamanho da fibra. Dentre estes, o que mais se identifica com o presente trabalho é o processo da explosão a vapor por se tratar de um sistema fechado em alta pressão atmosférica, semelhante ao da autoclavagem convencional. De acordo com Cardona et al (2010), a explosão a vapor tem sido um dos métodos mais promissores para separar os principais constituintes da biomassa vegetal e aumentar a sua susceptibilidade à bioconversão. Este processo, que atua tanto química como fisicamente na estrutura do material lignocelulósico, está baseado no contato direto da biomassa com vapor saturado à alta pressão por um determinado tempo de residência no reator, seguido de descompressão rápida à condição atmosférica (explosão).

Os processos químicos envolvem os tratamentos ácidos, alcalinos e oxidantes. Nos tratamentos ácidos se utilizam o ácido clorídrico (HCl) e o ácido sulfúrico (H_2SO4) que removem a pectina e agem rompendo a estrutura existente entre a lignina e a celulose. Nos alcalinos utilizam-se o hidróxido de sódio (NaOH) e a soda (2N de NaOH). Kaddami et. al. (2006) afirmam que a fibra vegetal quando tratada com hidróxido de sódio apresenta redução significante do teor de hemicelulose e uma pequena redução no teor de lignina o que pode influenciar as propriedades mecânicas dos compósitos. Nos processos oxidantes, de acordo com Glasser (1980) e Barna (1996), os agentes mais utilizados são o Clorito de sódio ($NaClO_2$), o Peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o Ácido Peracético (CH_3CO_3H). Estes apresentam potencial para branqueamento e remoção de

lignina. Nesses processos a extração da pectina e da lignina decorre, principalmente, da oxidabilidade dos grupos fenólicos (desidrogenação), como formação de íons fenóxido, além das ligações éter aril-alquil na lignina,com formação de quinonas.

De acordo com Silva (2007), a carbonatação – reação da portlandita com o CO_2 atmosférico - na maioria das vezes, é considerada como agente de degradação de produtos cimentícios. Nos compósitos, seu efeito é muito mais complexo.

Em matrizes de cimento Portland com baixos teores de adições, a matriz provoca a densificação da interface fibra/matriz e o aumento da aderência entre fibra e a matriz, podendo tanto reduzir quanto aumentar a tenacidade. Nessas matrizes, a carbonatação contribui para a diminuição da alcalinidade do meio e para a redução da porosidade do material com a obturação dos poros. Em situações em que se empregam matrizes cimentícias mais ácidas (menor relação entre CaO e SiO_2), por exemplo, ricas em pozolanas e escória de alto-forno, a carbonatação pode ocasionar a decomposição do silicato de cálcio hidratado (C-SH), o aumento da porosidade e, consequentemente, a redução da resistência mecânica.

3.5 Isolantes térmicos

Compreende-se por isolamento térmico a capacidade que um determinado material tem de restringir a passagem de calor através de sua estrutura.

Dentre as propriedades que influenciam na eficiência térmica de um determinado material ou produto destacam-se, principalmente, a condutividade térmica (**λ)**, expressa em [W/(mK)] ou [W/(m°C)], e a densidade (ρ) ou massa especifica, expressa em Kg/m³.

A condutividade térmica (**λ)** é uma propriedade que caracteriza os materiais e produtos termicamente homogêneos e que representa a quantidade de calor expressa em ([W]) por unidade de área ([m²]) que atravessa uma espessura unitária ([m]) de um material quando entre duas faces plana e paralelas se estabelece uma diferença unitária de temperatura (1°C ou 1k).

A densidade (ρ), por definição, é a relação entre o volume de um material com a sua massa. Geralmente se utiliza a densidade aparente quando se trata da caracterização de materiais de construção porque nestes, normalmente, estão presentes espaços vazios, água entre outros materiais.

Os materiais utilizados em isolamento térmico são mais eficientes quando apresentam um alto grau de porosidade (vazios) e um baixo teor de umidade; pois essas duas características estruturais são importantes para definir o coeficiente de condutividade térmica e a densidade. De acordo com Teixeira, et al. (2009), porosidade é uma propriedade física definida pela relação entre o volume de poros e o volume total de um certo material.

Se a densidade for alta significa que existe uma menor quantidade de ar por unidade de volume, o que resulta em uma maior condutividade térmica. Por outro lado dependendo do percentual de umidade presente em um determinado material, pode ocorrer um aumento ou uma diminuição na condutividade térmica, ou seja, quanto menor for a teor de umidade, menor também será o grau de condutividade.

A Tab. 3 apresenta os principais materiais utilizados na construção civil e seus respectivos valores de densidade e condutividade térmica, considerando em alguns a situação de seco e molhado.

Grupo	**Material**	**Densidade (kg/m3)**	**Condutividade térmica (W/mK)**	
			Seco	**Molhado**
Emplastros	Cimento	1900	0.9	1.5
	Cal	1600	0.7	0.8
Orgânicos	Cortiça (expandida)	100-200	0.04-0.0045	
		200-400	0.08-0.12	0.09-0.17
Água	Água	1000	0.58	
Ar	Ar	1.2	0.023	

Tabela 3 – Densidade e condutividade térmica de alguns materiais usados na construção civil.

Fonte: www.protolab.com.br, acessado em 27/01/2014

Segundo (Labrincha 2010), um material para ser um bom isolante térmico deve possuir características referentes a densidade inferiores a 150 Kg/m³ e condutividade térmica abaixo de 0.05 W/m°C.

As fibras vegetais são formadas por uma estrutura oca, seca ou com baixo teor de umidade. Devido a estas características elas apresentam baixa densidade e bom isolamento térmico. No entanto, se a fibra vegetal entrar em contato com o meio úmido seja pela presença de água contida na massa cimentícia ou pela umidade existente na superfície externa de compósito cimentício, esta perde a sua propriedade isolante em função de sua higroscopicidade. A condição de contato direto e constante da fibra com o meio úmido, também pode propiciar reação química, devido o diferencial de pH entre o cimento e fibra vegetal, podendo causar a sua degradação, principalmente, se a fibra estiver deslignificada.

Alguns materiais apresentam fatores que podem influenciar no isolamento térmico. Os cerâmicos, por exemplo, por possuírem altos teores de silício (elemento químico de baixa condutividade térmica) têm a capacidade de suportar altas temperaturas e são considerados bons isolantes térmicos.

Além disto, sabe-se que nos concretos os poros isolados (vazios) existentes influenciam na condutividade térmica do compósito. A princípio, como na maioria dos materiais porosos a condutividade é inversamente proporcional ao número de poros isolados (vazios), ou seja, quanto maior o número de poros menor será a condutividade. Isto é verificado quando compara-se, por exemplo, o coeficiente de condutividade térmica do concreto com cascalho (elevado teor de poros abertos) em relação ao concreto celular (elevado teor de poros isolados), que é bem menor para o último tipo de concreto.

Os pesquisadores Rodriguez, et al. (2011), em trabalhos feitos com fibras vegetais, provaram que a intensidade da onda de calor através do concreto é significativamente reduzida com a utilização de fibra de coco como uma barreira térmica.

4 Materiais e Métodos

O procedimento experimental para o desenvolvimento deste trabalho esta, esquematicamente, apresentada na Fig. 11.

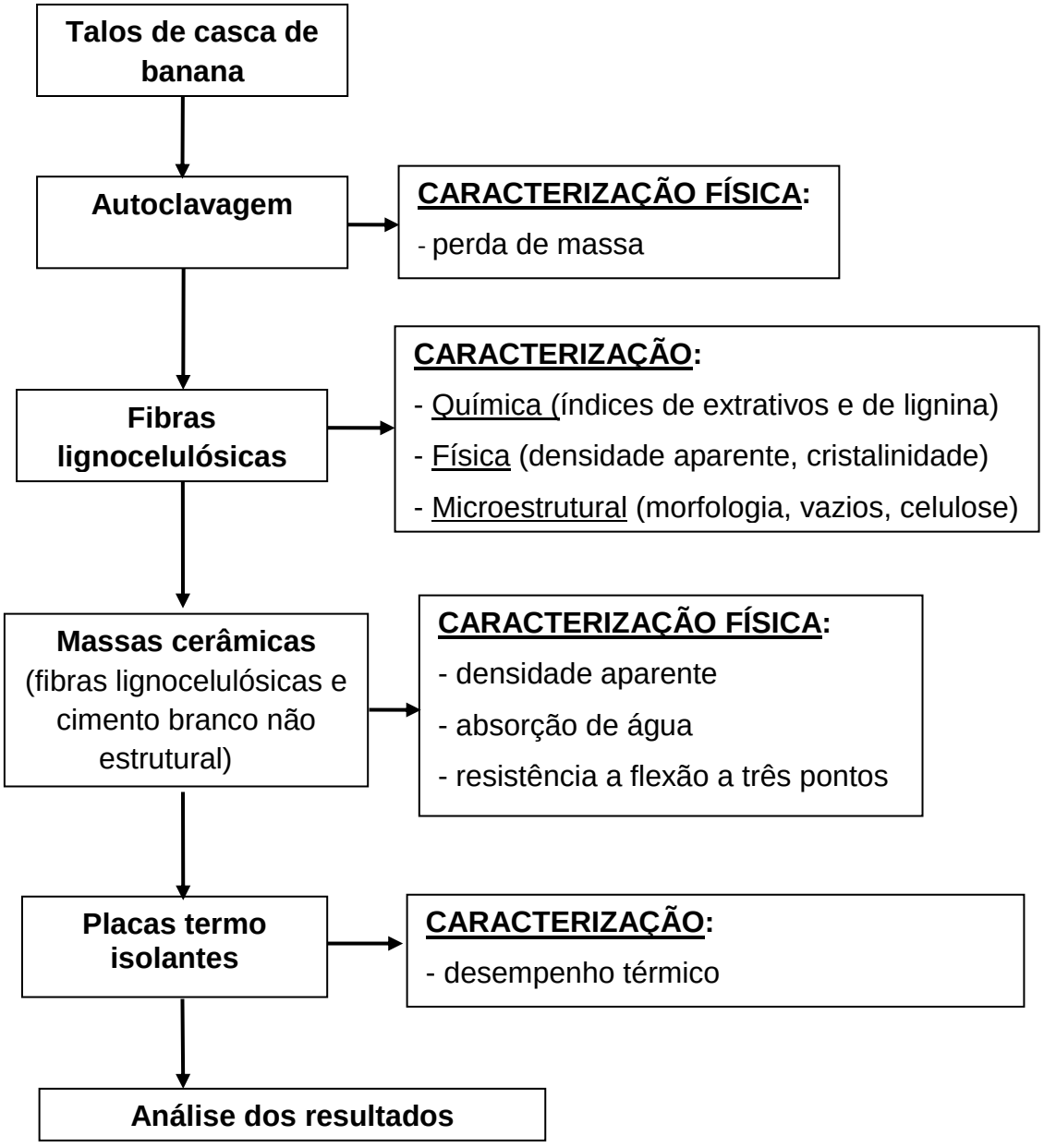


Figura 11 - Fluxograma com as etapas de desenvolvimento do trabalho.

Para o desenvolvimento das etapas previstas na metodologia foram executadas as seguintes tarefas:

4. 1 Fibras lignocelulósicas: Obtenção e caracterização

Para a obtenção das fibras lignocelulósicas, adquiriu-se talos de casca da banana (Fig. 12a) fornecidos pelo Restaurante Escola da Universidade Federal de Pelotas, localizado a Rua Andrade Neves, n$^{o.}$ 1290, Pelotas/RS, pelo Restaurante Universitário e pelo Serviço de Nutrição e Dietética do Hospital da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

(a) (b)

Figura 12 - Talos de cascas da banana inteiros (a) e desmembrados (b).

Para facilitar o processo de autoclavagem, os talos de banana foram desmembrados (Fig. 12 b). Os talos desmembrados foram lavados em água corrente e em seguida fez-se a raspagem da película protetora de coloração amarela e na sequencia, visando a padronização do tamanho, procedeu-se o fatiamento destes em pedaços medindo cerca de 1 cm de comprimento (Fig. 13).

Os talos em pedaços foram colocados em uma autoclave vertical da marca Phoenix, modelo AV-18 (Fig. 14a), e submetidos ao calor úmido de 127º C e a pressão atmosférica de 1,5 kgf/cm² por um tempo de 4 horas. Este procedimento resultou na retirada da maior parte da biomassa do resíduo.

Figura 133 – Talos fatiados utilizados na obtenção das fibras lignocelulósicas.

(a) (b)

Figura 144 - (a) Autoclave vertical da marca Phoenix, modelo AV-18, utilizado na autoclavagem; (b) Talos de casca de banana autoclavados.

Nesta etapa fez-se o cálculo da perda de massa dos talos de casca de banana devido ao processo de autoclavagem. Para definir a perda de massa fez-se o cálculo da diferença entre o peso de uma determinada quantidade de talos em pedaços (Pi) e o peso desse material após a autoclavagem (Pf). Este procedimento ocorreu em todas as autoclavagens.

Os talos autoclavados (Fig. 14b) foram macerados mecanicamente com o auxílio de uma argamassadeira da marca Contenco, modelo I-3010 (Fig. 15a). O processo de maceração foi feito com água a 100ºC em uma proporção de duas

partes de água para uma de talos autoclavados. A água aquecida foi trocada a cada 10 minutos e utilizada para a remoção da matéria orgânica residual. Para separar o macerado do líquido produzido, utilizou-se uma peneira #35, marca Bertel. O processo se repetiu até que se obtivessem fibras lignocelulósicas limpas (Fig. 15b).

(a) (b)

Figura 15 - (a) Argamassadeira da marca Contenco, modelo I-3010, utilizada no processo de maceração dos talos autoclavados; (b) fibras lignocelulósicas obtidas.

A análise de composição química das fibras lignocelulósicas foi feita para definir a presença de extrativos e lignina residuais. Os ensaios para determinação das quantidades de extrativos e lignina residuais foram baseados nas normas TAPPI 207 om-93 e TAPPI T222 om-98 e foram executados no Laboratório de Propriedades Físicas da Madeira do Curso de Engenharia Industrial Madeireira da UFPel.

Para a determinação dos extrativos solúveis as amostras de fibras foram colocadas em um extrator Soxhlet (Fig. 16) e ficaram em refluxo por 6 horas. Foi utilizado como solvente uma solução de Etanol-Tolueno na proporção de duas partes de etanol para uma de tolueno. O teor de extrativos foi determinado após a evaporação do solvente, comparando-se o peso inicial do balão (antes da extração) com o peso final.

Figura 166 - Processo de extração Soxhlet usado para a determinação dos extrativos solúveis das fibras lignocelulósicas.

Para a determinação da lignina utilizou-se amostras de fibras livres de extrativos. A proporção necessária, conforme a norma TAPPI T222 om-98, é 1g de fibra livre de extrativos, 15 ml de solução ácida e 560 ml de água destilada, podendo ser alterada a quantidade de fibras, desde que seja respeitada a proporção de ácido e água. As fibras livres de extrativos foram pesadas e colocadas em um balão com uma solução de ácido sulfúrico 72%, por duas horas. Após, foi adicionado água destilada para reduzir a concentração do ácido e colocada a solução em ebulição em uma manta térmica por um período de 4 horas. Passado o período de ebulição, a solução foi filtrada e colocada em um cadinho, previamente pesado (peso seco). O cadinho com o material filtrado foi pesado e, posteriormente, seco em uma estufa a 100ºC por 24 horas. O teor de lignina foi determinado a partir da diferença de peso do cadinho com o material filtrado e com o material seco em estufa.

Para a identificação da celulose nas fibras lignocelulósicas fez-se análises de difração de raios-X, em um difratômetro da marca Shimadzu, modelo XDR 6000. A presença de celulose na fibra foi através da sua cristalinidade.

A análise microestrutural das fibras lignocelulósicas foi feita por microscopia óptica e eletrônica de varredura. No microscópio óptico da marca Optiun, modelo TNB – 04T-PL, determinou-se as características dimensionais, a

integridade das paredes das fibras, a disposição das fibras no feixe e a presença (qualitativamente) de lignina residual e de celulose, e no microscópio eletrônico de varredura da marca Shimadzu, modelo SSX-550, visualizou-se os vazios nas fibras .

Para a análise por microscopia ótica as amostras de fibras foram coradas com azul de toluidina 0,5% diluído em água destilada, lavadas e fixadas em lâminas de vidro. O corante utilizado apresenta coloração rosada na presença de celulose e azul esverdeada na presença de lignina. As amostras analisadas foram tratadas com hipoclorito de sódio para melhor visualização das estruturas morfológicas.

Para a análise por microscopia eletrônica de varredura as fibras foram secas, fixadas com uma fita condutora em um porta amostras e metalizadas com ouro por sputtering. Nessa analise as fibras lignocelulosica foram tratadas com solução hipocloretada a 2,5% para melhor evidenciar suas estruturas morfológicas.

4. 2 Massas cerâmicas: Formulação e caracterização

Nessa etapa foram elaboradas formulações de massa cerâmica constituídas de cimento branco não estrutural, normatizado conforme NBR 11578 e 12989, e fibras lignocelulósica nas quantidades de 1%, 3%, 5% e 10%, em peso.

O cimento branco não estrutural utilizado foi o Cimentinho para pequenos reparos (Ficha técnica no Anexo - p. 75), fornecido comercialmente pela empresa Fortaleza Argamassas e Revestimentos.

A Tabela 4 apresenta as quantidades em peso e em volume dos materiais utilizados e o fator água/cimento por formulações propostas. O volume de cada um dos constituintes das massas cerâmicas foi calculado a partir da sua densidade aparente. Devido a porosidade intrínseca das fibras lignocelulósicas para a determinação da sua densidade aparente estas foram impermeabilizadas com um produto comercial denominado Protetor de Tecidos da marca Allchem Química. Como resultado obteve-se a densidade aparente de 0,244 g/cm³ para a fibra lignocelulósica e de 1,056 g/cm³ para o cimento branco não estrutural. Para

água a densidade considerada foi de 1,00 g/cm³ A quantidade em volume foi calculada pela equação 1.

$$V = M / D_{ap}$$

Equação 1 – Teor de absorção de água.

Onde: V – massa em volume (cm^3)
M – massa em peso (g)
D_{ap} – densidade aparente

Formulação	Materiais	Quantidades		
		%	(g)	(cm^3)
F1	Cimento Branco	99	207,90	196,87
	Fibras	1	2,10	8,61
	Água	-	62,37	62,37
	Fator água/cimento	-	0,30	-
F3	Cimento Branco	97	179,45	169,93
	Fibras	3	5,55	22,74
	Água	-	71,33	71,33
	Fator água/cimento	-	0,40	-
F5	Cimento Branco	95	166,25	157,43
	Fibras	5	8,75	35,86
	Água	-	83,12	83,12
	Fator água/cimento	-	0,50	-
F10	Cimento Branco	90	135,00	127,84
	Fibras	10	15,00	61,47
	Água	-	67,40	67,40
	Fator água/cimento	-	0,50	-

Tabela 4 – Massas cerâmicas: Constituintes e fator água/cimento.

A mistura dos constituintes sólidos (cimento branco e fibras lignocelulósicas) da massa ocorreu com o auxílio de uma argamassadeira da

marca Contenco, modelo I-3010 (Fig.15a). Após a homogeneização das partes sólidas da mistura, adicionou-se água correspondente ao fator água/cimento apresentado na Tab. 4.

Com as massas cerâmicas, em um molde de silicone (Fig. 17a), foram conformados corpos de prova (Fig. 17b) com dimensões de 140 mm, 14 mm e 8 mm comprimento, largura e altura, respectivamente). Os corpos de prova foram utilizados para as analises física e mecânica das formulações de massa cerâmica propostas.

(a)

(b)

Figura 17 – Conformação dos corpos de prova. (a) molde de silicone; (b) corpo de prova com 10% de fibras lignocelulósicas (F10).

Em corpos de prova com idades de 28 dias analisou-se o teor de absorção de água. Para tanto, os corpos de prova foram pesados, secos em uma estufa por 24 horas, resfriados em um dessecador e submersos em água por 24 horas. O uso do dessecador foi para evitar a absorção da umidade relativa do ar provocada pela estrutura higroscópica da fibra lignocelulósica.

O teor de absorção de água foi determinado a partir da pesagem de corpos de prova secos em estufa que posteriormente foram imersos em água por um período de 28 dias. O teor de absorção de água foi calculado pela equação 2.

$$\%\ \text{Absorsão de Água} = \frac{(\text{Peso Umido} - \text{Peso seco})}{(\text{Peso Seco})} \times 100$$

Equação 2 – Teor de absorção de água.

A análise da quantidade de água absorvida pelas diferentes formulações de massas cerâmicas é importante para o objetivo da proposta deste trabalho porque a excessiva presença de umidade reduz as propriedades termo isolantes dos materiais e a vida útil.

A análise do desempenho mecânico foi a partir da realização do ensaio de resistência a flexão a 3 pontos em corpos de prova com idades de 28 dias, conforme a norma ASTM D143, no qual utilizou-se uma máquina de ensaio universal da marca EMIC, modelo DL30000 (Fig. 18).

Figura 18 - Máquina de ensaio universal da marca EMIC, modelo DL 30000, utilizada na análise mecânica das massas cerâmicas.

4. 3 Placas termo isolantes: Obtenção e análise térmica

Com as massas cerâmicas e uma massa pura de cimento branco não estrutural foram moldadas placas para serem ensaiadas física e mecanicamente, nas dimensões 10 cm x 10 cm X 1 cm (largura, comprimento e espessura, respectivamente).

Para a conformação das placas confeccionou-se um molde metálico vazado (Fig. 19), capaz de eliminar a umidade excessiva da massa cerâmica durante o processo de conformação que foi feito por prensagem uniaxial com uma carga de 100 kg., aplicada por um tempo de 10 minutos. Para a prensagem utilizou-se uma prensa manual da marca Ribeiro, modelo “H” 15 toneladas.

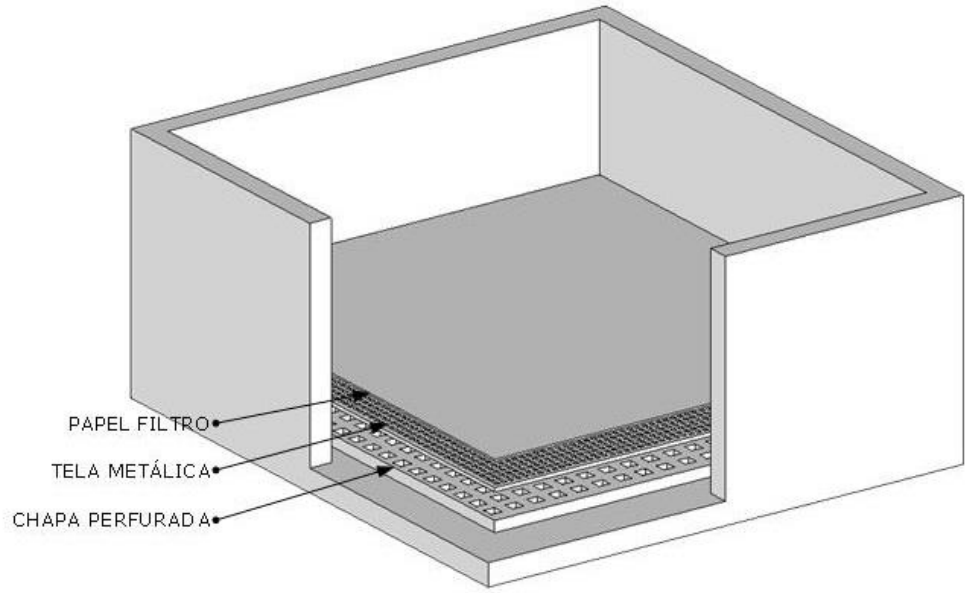


Figura 19 – Representação esquemática dos constituintes do molde usado para a conformação das placas termo isolantes.

As placas conformadas foram secas em um dessecador, por um período de 24h, e deixadas ao ar livre até completar 7 dias quando, então, foram analisadas termicamente.

A análise térmica das placas foi feita em um equipamento laboratorial, elaborado conforme esquema ilustrado na Fig. 20. Para a realização do ensaio as placas foram colocadas sobre uma fonte quente (aquecida a temperatura de 75 $\pm$ 3ºC) e mantidas nesta situação até a estabilização da temperatura na placa

medida em um termopar posicionado na face superior. O ensaio foi feito nas formulações F3, F5 e F10 e em uma massa pura de cimento branco não estrutural (F0).

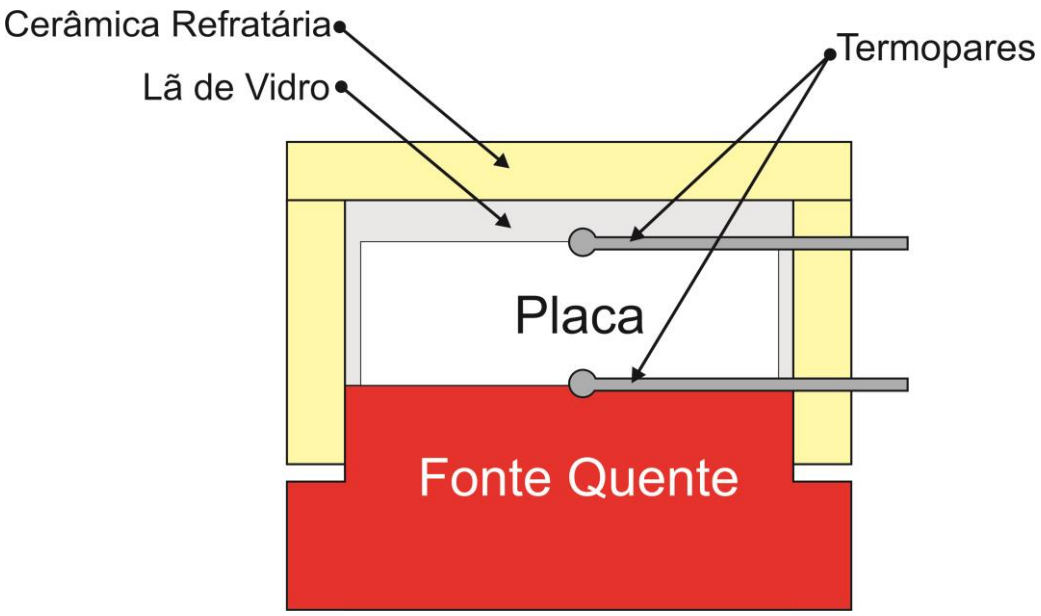


Figura 20 – Representação esquemática do equipamento utilizado no ensaio de análise térmica das placas cerâmicas e da massa pura de cimento branco não estrutural.

4. 4 Limitações da pesquisa

Os fatores listados abaixo devem ser considerados na análise dos resultados da pesquisa.

- Na realização deste trabalho foram utilizados apenas talos das cascas da banana **prata** o que limita os resultados a esta espécie.
- Para a produção das placas cerâmicas foi utilizado somente o cimento branco não estrutural (CPB), limitando os resultados a este tipo de cimento.
- Os testes de desempenho térmico foram feitos com base nas normas NBR 15220 Parte 4, sendo que foi estabelecido dois polos de aferição: a superfície da placa quente e a superfície dos corpos de prova.

- O desempenho térmico não considerou o coeficiente de condutividade térmica dos constituintes da placa.

5 Resultados e Discussão

5.1 Perda de massa dos talos autoclavados

A tabela 5 apresenta o resultado de perda de massa dos talos autoclavados que foi de 9,72%. Os pesos dos talos representam a média de 3 amostragens para cada autoclavagem.

Amostras	Peso médio (g)	Desvio padrão	Perda de massa (%) (Pi – Pf)/ Pi
Talo natural (Pi)	5,956	0,042	9,28
Talo autoclavado (Pf)	5,403	0,215	

Tabela 5 - Perda de massa entre talos autoclavados e talos não autoclavados

5.2 Análise química das fibras lignocelulósicas

As Figuras 21 e 22 apresentam, comparativamente, os resultados de composição química dos talos “in natura” (não autoclavados) e das fibras lignocelulósicas em função do teor de extrativos solúveis e de lignina, respectivamente.

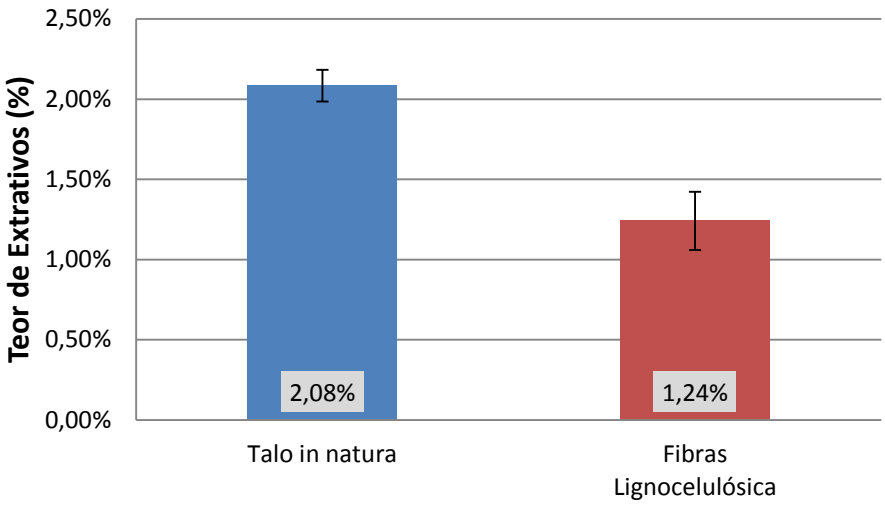


Figura 21 – Teor médio de extrativos solúveis existentes nos talos “in natura” e nas fibras lignocelulósicas.

A Fig. 21 mostra que o teor médio de extrativos solúveis nas fibras lignocelulósicas é cerca de 40% menor do que nos talos “in natura”. Este resultado, provavelmente, é decorrente da autoclavagem (onde foi calculada uma perda de massa de 9,72%), da maceração e da lavagem das fibras obtidas, tendo em vista que esses processos ocorre com água quente que segundo a literatura possibilita uma melhor separação dos constituintes da biomassa vegetal (CARDONA et al.,2010).

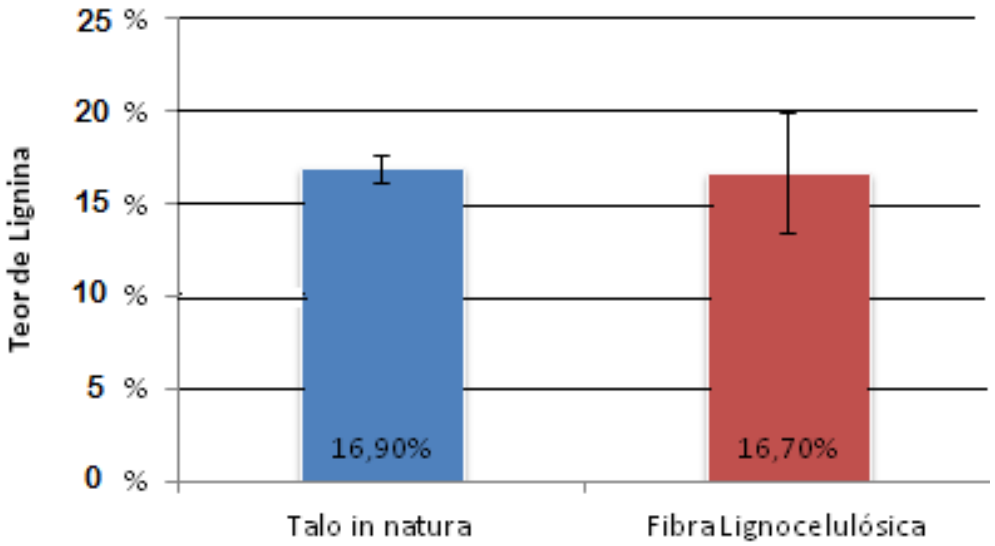


Figura 22 - Teor médio de lignina existente nos talos “in natura” e nas fibras lignocelulósicas.

Na Fig. 22 observa-se que os índices de lignina nos talos “in natura” e nas fibras lignocelulósicas permaneceram inalterados, demonstrando que o processo de autoclavagem não foi efetivo para a extração deste constituinte. A permanência de lignina na estrutura da fibra mantém inalterada a sua resistência, visto que esta atua como uma resina que une os principais constituintes da parede celular (celulose, hemicelulose, pectina).

A Fig. 23 apresenta o gráfico de análise da presença de celulose e dos demais constituintes das fibras lignocelulósicas.

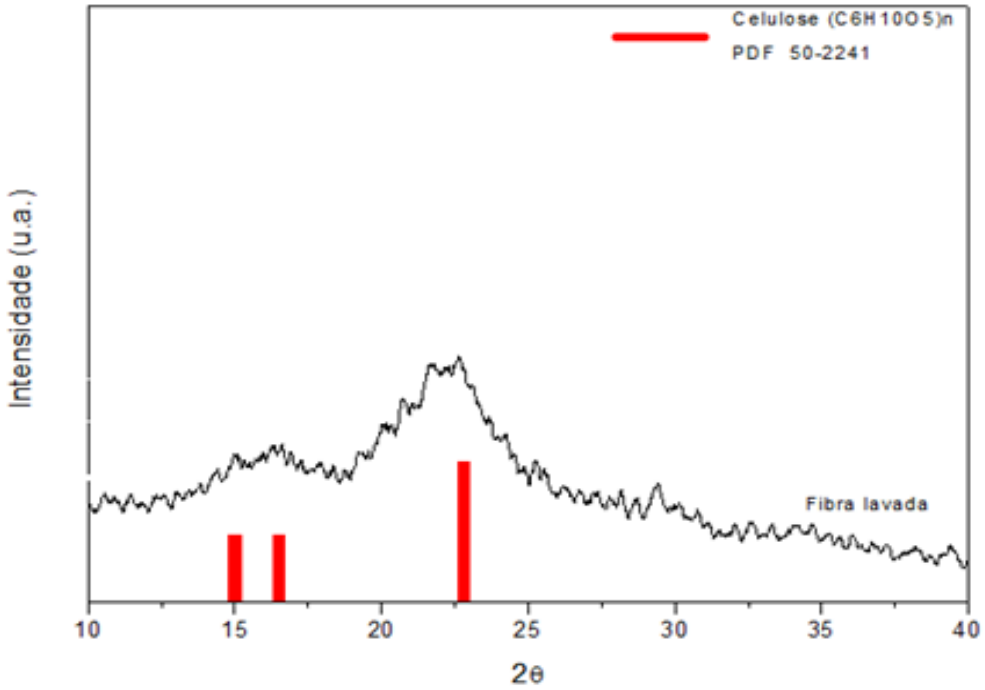
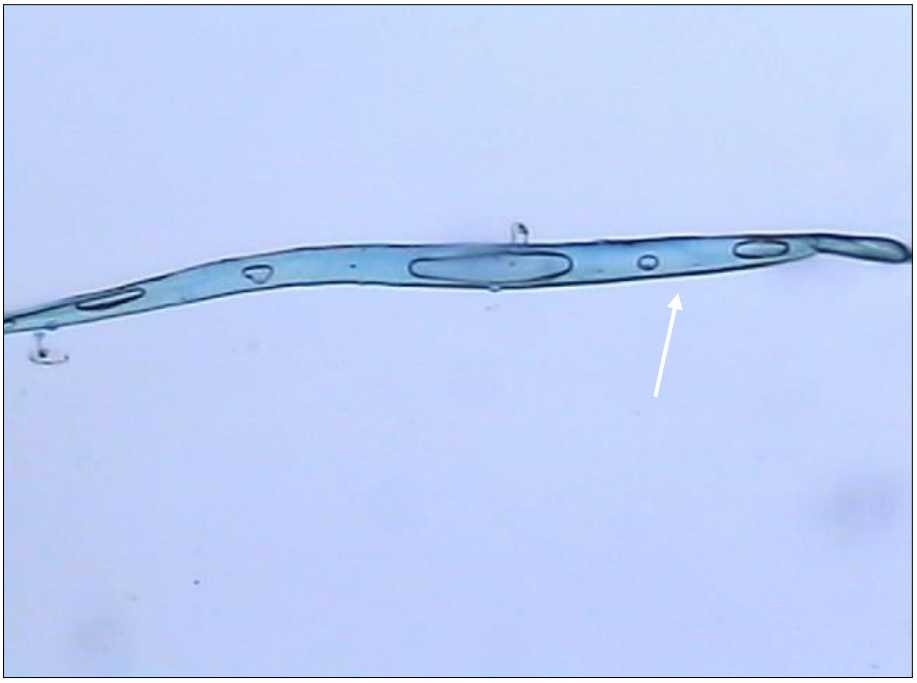


Figura 23 – Difratograma de raios-X das fibras lignocelulósicas.

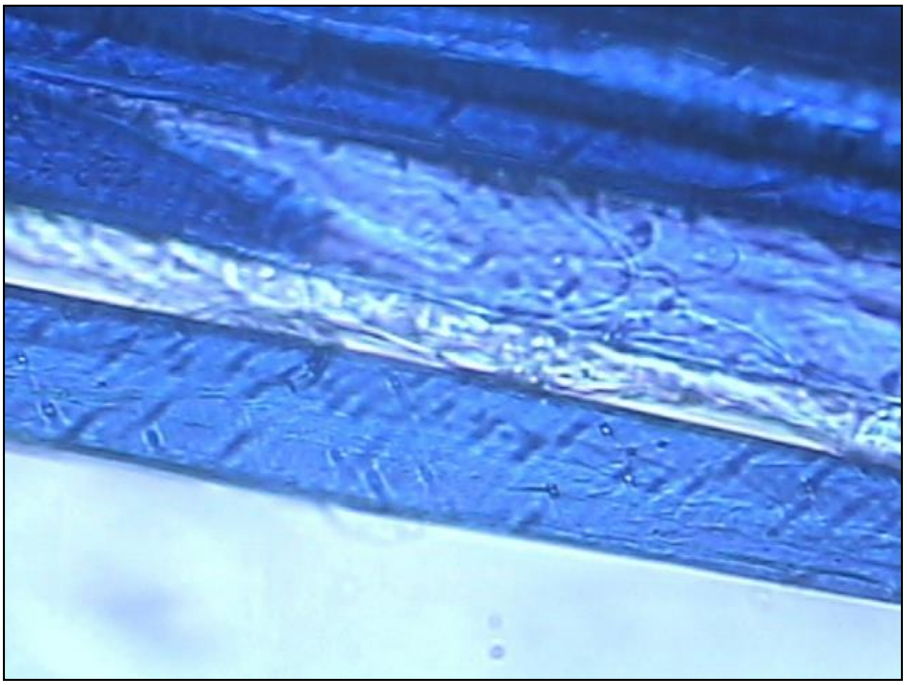
Como pode-se ver no gráfico da Fig. 23 nos pontos 15º, 17º e 23º, observa-se picos cristalinos característicos, possivelmente, da presença de celulose nas fibras lignocelulósicas.

5.2 Análise microestrutural das fibras lignocelulósicas

As Figs. 24 (a) e (b) e 25 (a) e (b) apresentam micrografias das fibras lignocelulósicas obtidas por microscopia óptica. Esta análise mostra fibras isoladas e na forma de feixes. Na fig. 26 (a) e (b) ocorrem micrografias das fibras lignocelulósicas obtidas por microcopia eletrônica de varredura.

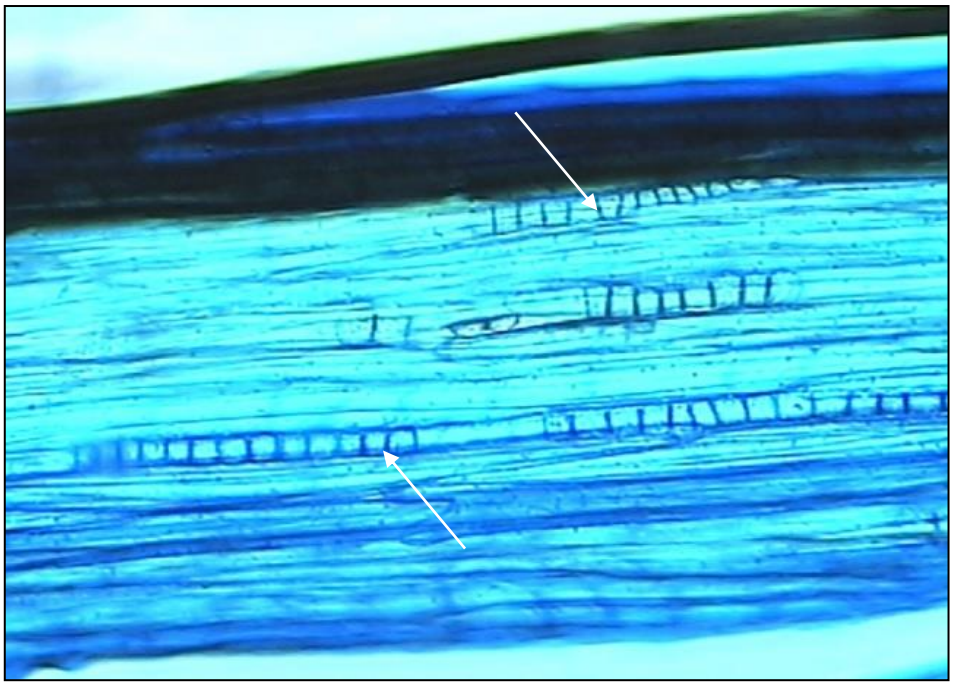


(a)



(b)

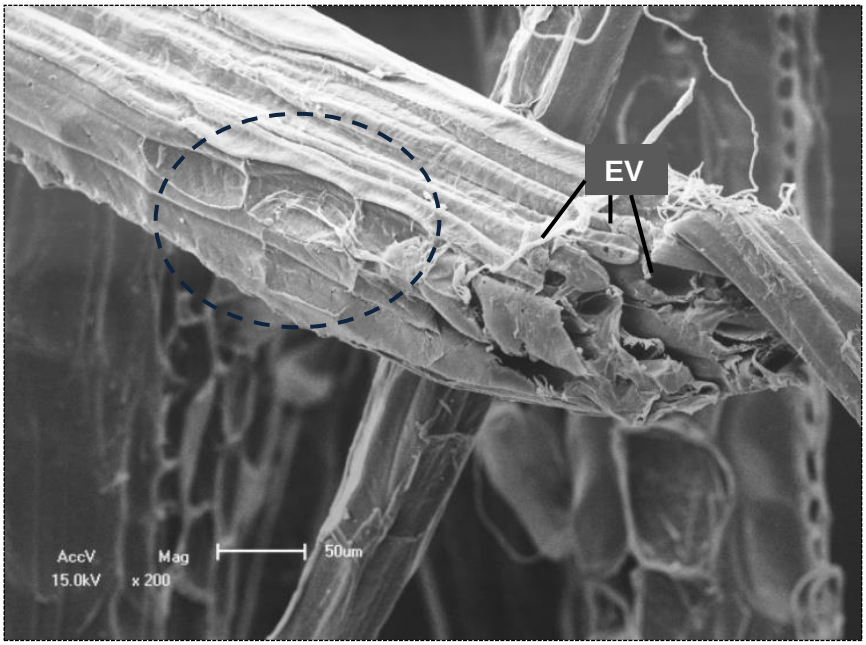
Figura 24 – Micrografias ópticas da fibra lignocelulósica. (a) Morfologia da fibra; (b) Parede integra da fibra, aumento de 400 x.



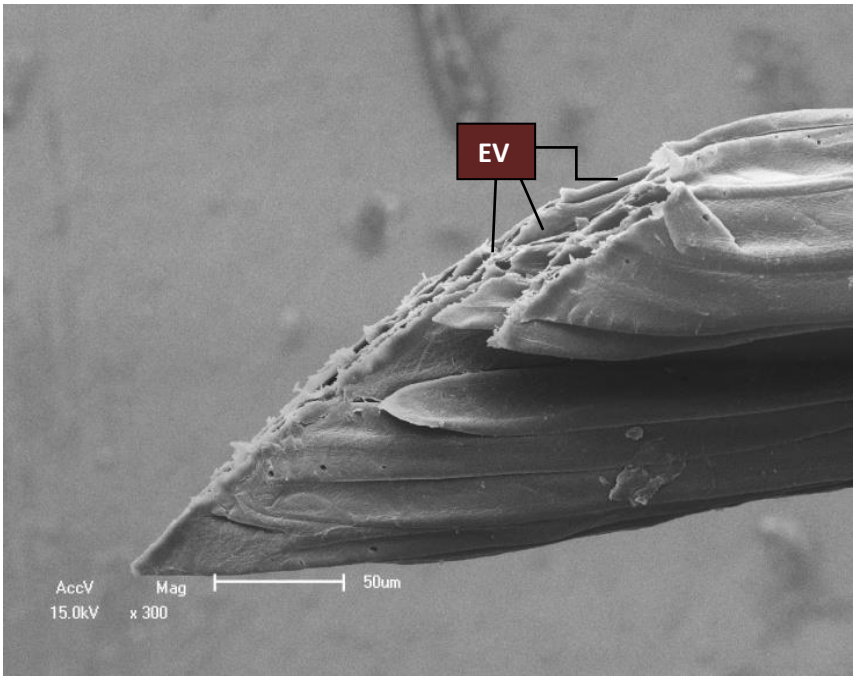
(a)

(b)

Figura 25 – Micrografias ópticas de feixe de fibras lignocelulósicas. (a) Disposição da fibra, aumento de 100x; (b) Feixe corte transversal corado com safranina 05%, aumento 100 x.



(a)



(**b)**

Figura 26 - (a) e (b) - Micrografias de um feixe de fibras lignocelulósicas, obtidas por microscopia eletrônica de varredura.

Nas micrografias ópticas é possível observar-se a morfologia alongada da fibra e a presença de poros (Fig. 24a), a integridade das paredes das fibras (Fig. 24 b), a disposição das fibras no feixe (Fig. 25 a) e a presença (qualitativamente) de lignina residual (Fig. 25b).

Nas micrografias por varreduras as imagens da Fig. 26 mostram em um feixe de fibras lignocelulósicas que a forma da fibra é arredondada (contorno pontilhado) e que ocorrem vazios na fibra (EV). A constatação da presença de poros nas fibras lignocelulósicas (Fig;. 26a) e de vazios nos feixes de fibras lignocelulósicas (Fig. 26 b) é fundamental para atender o objetivo da proposta deste trabalho porque estes são aspectos intervenientes na densidade e desempenho mecânico e térmico das placas propostas.

5.3 Massas cerâmicas de cimento branco não estrutural e fibras lignocelulósicas

5.3.1 Densidade aparente

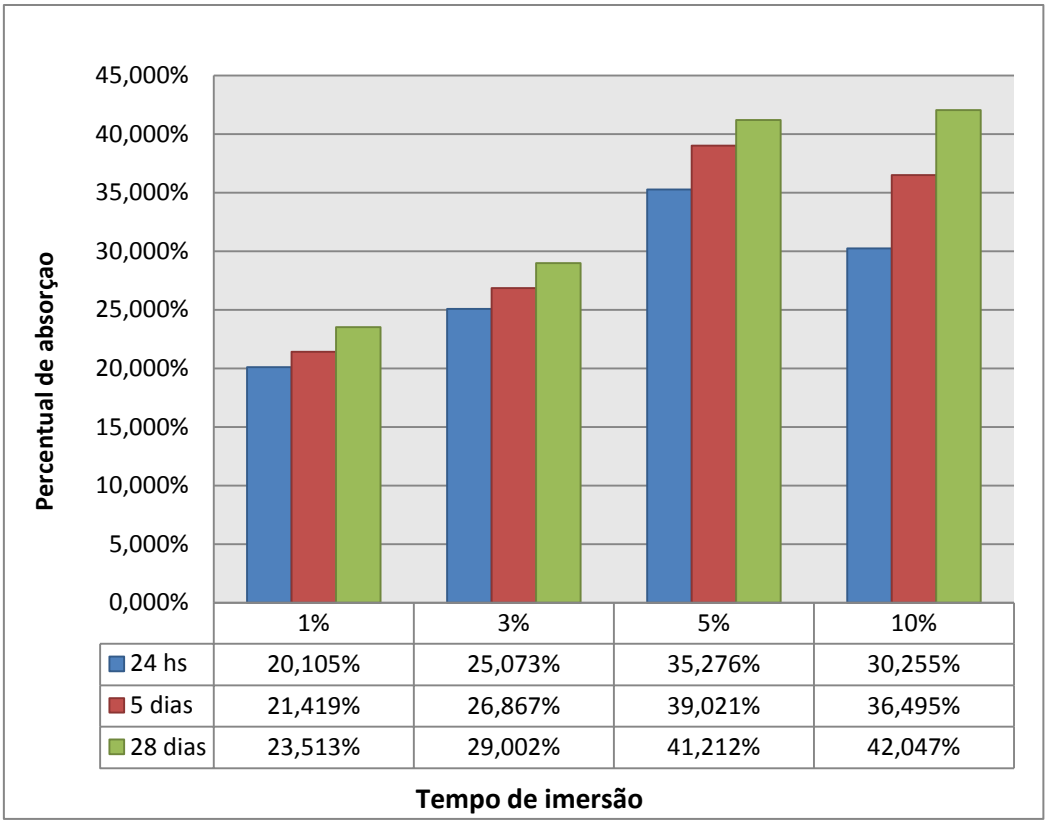
Para o cálculo da densidade aparente utilizou-se a equação 3. O valor adotado para o volume foi o do molde utilizado para a confecção dos corpos de prova, igual a 1,57 x 10-5 m^3, porque não foi observada variação dimensional evidente nos corpos de prova após secagem. Os valores de densidade correspondem a média de 5 corpos de prova. A tab. 6 apresenta os resultados obtidos.

Teor de fibras	Peso cp's (g)	Densidade aparente (g/cm^3)	Densidade media (g/cm^3)
10%	16,400	1,051	1.036
	15,623	1,001	
	15,198	0,974	
	18,554	1,189	
	15,100	0.967	
5%	17,810	1,141	1,106
	17,028	1,091	
	17,608	1,128	
	16,025	1,027	
	16,288	1,044	
3%	21,337	1,367	1,353
	21,867	1,407	
	20,720	1,328	
	21,209	1,359	
	20,370	1,305	
1%	25,433	1,630	1,514
	22,791	1,460	
	23,873	1,530	
	22,677	1,453	
	23,417	1,501	

Tabela 6 – Densidade aparente dos corpos de prova

5.3. 3 Absorção de água

O gráfico da Fig. 27 apresenta os valores médios de absorção de água das massas cerâmicas propostas em função do percentual de fibras lignocelulósicas e da idade dos corpos de prova. Os valores de absorção de água por corpo de prova e formulação encontram-se no Apêndice na página 68.



	1%	3%	5%	10%
24 hs	20,105%	25,073%	35,276%	30,255%
5 dias	21,419%	26,867%	39,021%	36,495%
28 dias	23,513%	29,002%	41,212%	42,047%

Figura 27 – Absorção de água de massas cerâmicas de cimento branco não estrutural e fibras lignocelulósicas, em função da quantidade de fibras e da idade dos corpos de prova.

Os resultados obtidos mostram que o valor de absorção de água cresce proporcionalmente ao aumento da quantidade de fibras e do tempo de maturação dos corpos de prova. O crescimento da absorção já era esperado tendo em vista os constituintes da fibra que tem propriedades higroscópicas devido a presença dos poros. Este resultado é um problema a ser futuramente estudado porque, como discutido na literatura, a excessiva presença de umidade reduz as propriedades termo isolantes dos materiais e a sua vida útil.

5.3.4 Resistência mecânica a flexão

O gráfico da Fig. 28 apresenta os resultados médios de resistência média à flexão a três pontos para as massas cerâmicas em função do percentual de fibras lignocelulósicas, obtidos em corpos de prova com idade de 28 dias.

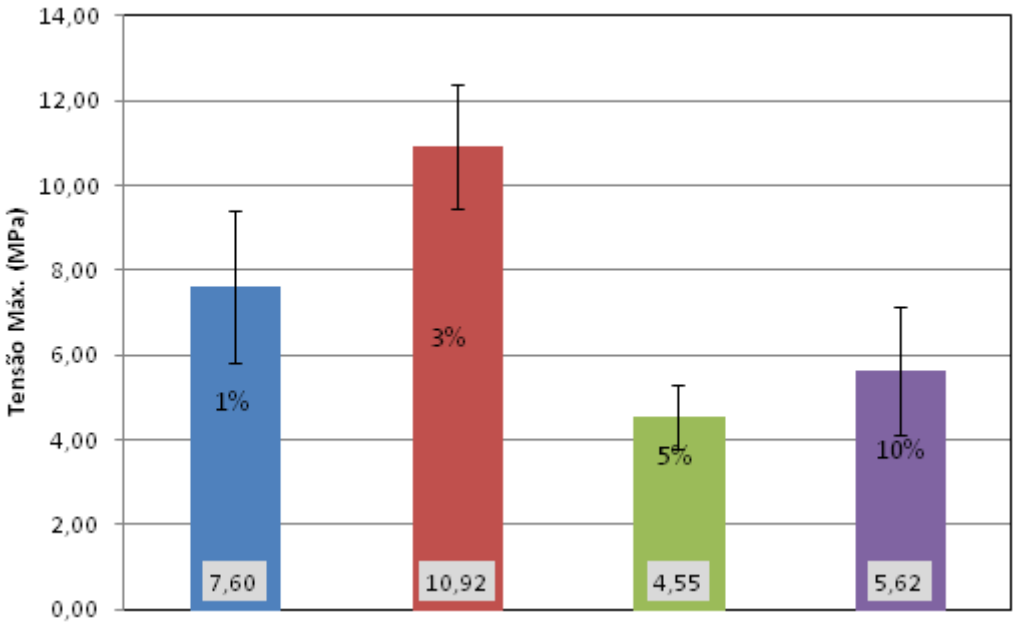


Figura 28 – Resistência a flexão a três pontos de corpos de prova de massas cerâmicas de cimento branco não estrutural e fibras lignocelulósicas, em função da quantidade de fibras.

Como pode-se ver na Fig. 28, os corpos de prova com menores quantidades de fibras lignocelulósicas foram os que apresentaram os maiores valores de resistência mecânica. Este resultado já era esperado por causa das maiores densidades obtidas (Tab. 5) para estas formulações, devido a um menor índice de vazios e poros.

Também, observou-se que os valores de resistência mecânica foram muito variados (Apêndice, p. 69 a 73) quer seja para uma mesma formulação ou na comparação entre estas. Este problema, provavelmente, resulta de uma inadequada homogeneização dos constituintes da massa cerâmica, em especial as fibras lignocelulósicas, tendo em vista que não foi utilizada nenhuma forma de controle da distribuição destas. Este resultado, também, deve ser alvo de futuros estudos porque o posicionamento das fibras nas massas cerâmicas interfere nas propriedades mecânicas (CALLISTER, 2012).

5. 4 Análise térmica das placas termo isolantes

Para a análise térmica conformou-se placas somente com as formulações F3, F5 e F10. A formulação F1 não foi testada porque apresentou densidade muito elevada (1,4 g/cm^3) para uma placa termo isolante. No teste utilizou

O gráfico da Fig. 29 apresenta o desempenho térmico das placas em função do tempo (60 min.) e da temperatura absorvida e transmitida.

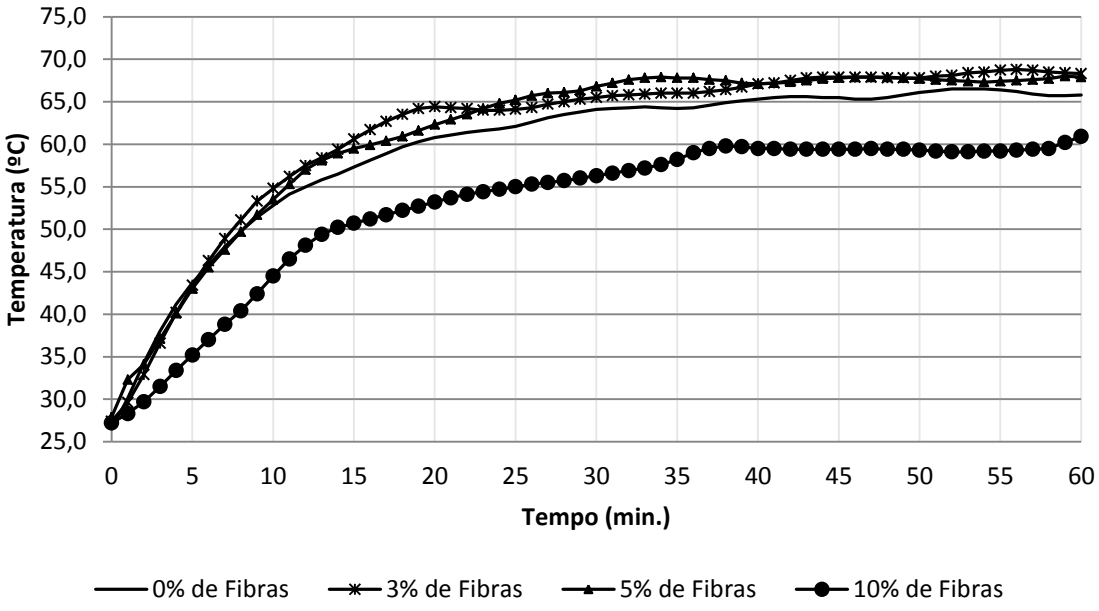


Figura 29 – Desempenho térmico de placas termo isolante obtidas a partir de massas cerâmicas de cimento branco não estrutural e fibras lignocelulósicas.

O resultado dos testes térmicos mostrou que, comparativamente, a placa com maior quantidade de fibras lignocelulósicas (10%) foi a que apresentou a menor absorção e transmissão térmica. Este resultado já era esperado tendo em vista a menor densidade (1,049 g/cm^3) da massa cerâmica constituinte da placa.

O resultado obtido não pode ser tomado como definitivo porque ensaiou-se somente uma placa por formulação e não mediu-se a efetiva condutividade térmica transmitida ao longo da espessura da placa.

Como ponto positivo do teste pode-se considerar a temperatura aplicada (75º $\pm$ 3ºC), tendo em vista o interesse de aplicação das placas como isolantes para a construção civil onde as temperaturas de estresse são inferiores a testada.

6 Conclusões

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir:

- É possível a obtenção de fibras lignocelulósicas de talos da casca de banana.
- A metodologia de extração utilizada para a obtenção das fibras lignocelulósicas do talo das cascas de banana foi adequada porque possibilitou padronização e reprodução. No entanto, as na;alises por microscopia mostrara quem estas não foram totalmente isoladas e, também, ocorriam agrupadas na foram de feixes.
- Foi possível a produção de placas termo isolantes com as fibras lignocelulósicas.
- O cimento branco não estrutural utilizado como matriz do compósito se mostrou eficiente para o fim a que se propôs este estudo.
- Os ensaios de caracterização química, quer seja pelas normas TAPPI ou por infravermelho, mostraram que a autoclavagem, a maceração e a lavagem das fibras lignocelulósicas não eliminou a lignina e nem afetou a estrutura das paredes das fibras.
- As análises de microestrutura permitiram visualizar a presença de poros nas fibras lignocelulósicas e de vazios nos feixes de fibras.
- A quantidade de fibras lignocelulósicas interferiu nas propriedades física e mecânica das placas obtidas. Quanto maior foi a quantidade de fibra menor foi a densidade e a resistência mecânica das referidas massas.
- A placa termo isolante com maior quantidade de fibras lignocelulósicas (10%) foi a que apresentou melhor desempenho térmico.

- Os poros presentes nas fibras e os vazios dos feixes de fibras foram, provavelmente, os principais responsáveis pelo isolamento térmico obtido na placa com a maior quantidade de fibras (10%).

7 Referencias Bibliográficas

ABRELPE Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Residuos Especiais.

AGOPYAN, Vahan.; SAVASTANO J, Holmer.; JOHN, V. M.; CINCOTTO A Maria. **Developments on vegetable fibre-cement based materials in São Paulo, Brazil: An overview. Cement & Concrete Composites**, v.27, p.527-536, 2005

AGOPYAN, Vahan. **Materiais reforçados com fibras para a construção civil nos países em desenvolvimento: Uso de fibras vegetais**. São Paulo: USP, 1991. 204p. Tese Livre-Docência.

ALI, Majid; LIU, Anthony; SOU, Hou; CHOUW, Nawavi.; **Mechanical and dynamic properties of coconut fibre reinforced concrete, Construction and Building Materials**, v. 30, **p.814-825, 2012**

ARAUJO, J. R.; WALDOMAN, W. R.; DE PAOLI, M. A.; *Polym. Degrad. Stab.* **2008**, *93*, 1770. Mohan, D.; Pittman, C. U.; Steele, P. H.; ***Energy Fuels*** **2006**, *20*, 848.

ASPINALL, G.O. "***Pectins, plants gums, and other plant polysaccharides*****". in: The Carbohydrates Chemistry and Biochemistry.** V. Pigman & D Horton (ed.).. New York: Academic Press. v.2b, p. 515 (1970).

ASTM D143-97 - Test Methods for Small Clear Specimens of Timber

ATZINGEN, Denia A. N. C. V.; **Casca da "*Musa sapientum*" verde na cicatrização de ferida operatória em ratos**,2013,Disponívelem:*www.expansaoeventos.com.br/trabalhos_cbed/Trabalho%20002.pdf*

BARNA, J.; et al.) **Branqueamento com peróxidos e peracidos: uma alternativa para processos ECF e TCF. O Papel**, v.57 n 11 p. 69-77, 1996

BENTO, Alinne T. T. M. et al. **Aproveitamento da fibra de coco como adição em concreto não estrutural e suas vantagens em relação ao meio ambiente**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA USP, 16., 2008, São Paulo. Resumos... São Paulo: USP, 2008.Disponíve<http://www.usp.br/siicusp/Resumos/16Siicusp/5211.pdf>. Acesso em: 05 março 2014.

BESEN, G. R; GÜNTHER, W. M. R.; RODRIGUEZ, A. C.; BRASIL, A. L. **Resíduos sólidos: vulnerabilidades e perspectivas. In: SALDIVA P. et al. Meio Ambiente e Saúde: o desafio das metrópoles**, Editora Ex Libris, 200 p. São Paulo, 2010.

BOSCHI, Anselmo. Ortega. **Panorama atual da indústria brasileira de revestimentos cerâmicos**. Cerâmica Industrial, v. 13, n. 3, p. 13-16, 2008

Brett e Waldron,1990 acesso em 12 de março de 2014.

CALLISTER, William. D. Jr. - **Fundamentos da Ciência e Engenharia de Materiais,** 7ª ed. São Paulo Editora LTC, 2012.

CARDONA, C. A.; QUINTEIRO, J. A.; PAZ, I. C.; ***Bioresour. Technol*.** 2010,*101*,4654.

CARVALHO, Laura Hecker de. **Compósitos Poliméricos Reforçados por Fibras Vegetais. UFCG. 2003.** Disponível no site: www.abpol.com.br/apostilacompositos.doc. Acessado em março de 2004

CASTRO, R.S.D.; FERREIRA, G.; CAETANO, L.; MARTINES, M.A.U. ; PADILHA, P.M. ; CASTRO, G.R. **Uso da biomassa (cascas de banana triturada) na remoção de cobre e chumbo em meio aquoso.** , 50º Congresso Brasileiro de Química da CBQ, 2010, Cuiabá/MT. Disponível em: <http:// www.abq.org.br/cbq/2010/trabalhos/.../4-168-8305.ht.

CONAB.- COMPANHIA NACIONALDE ABASTECIMENTO,2013

COSTA,Julia .A. **Qualidade da madeira dos *Eucalyptus urograndis*,plantado no Distrito Federal, para produção de celulose Kraft**. Dissertaçao de Mestrado em Ciencias Florestais. Publicação PPGCEFL.DM-153/2011. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasilia,DF,86 p.

FAO – Food and Agriculture Organization**.**

FELIPETTO, Cláudia R. K., **Análise da correlação entre as características morfológicas e dimensionais de fases dispersas alternativas ao amianto na avaliação do reforço de matrizes cimentícias,** 2005, 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em EngenhariA de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

GABRIELLI, I.; Gatenholm, P.; Glasser, W. G.; Jain, R. K.; Kenne, L.; **Carbohydrate. Polymers**. **2002**, *43*, 367.

GARCEZ, E, O, **Analise teórico-experimental do comportamento de concretos reforçados com fibras de aço submetidas a cargas de impacto**. 2005. 113 f. Dissertaçao (Mestrado em Engenharia) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GLASSER,W.G. **Lignin. Pulp and paper-chemistry and Chemical** Techology, v.1,N.Y., J. Casey Ed.,J.Wiley & Sons Inc:

GUIMARÃES, Jose Luis.; **Preparo de compósitos biodegradáveis a partir de fibras de bananeira plastificadas com amido e glicerina bruta derivada da alcoólise de óleos vegetais**. 1º CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, Brasília, 31 de agosto a 1º de setembro de 2006.Anais... Brasília: ABIPTI, v.2, p. 28-33, 2006.Disponívelem:<www.biodiesel.gov.br/docs/congressso2006/CoProdutos/PreparoCompositos6.pdf>. Acesso em 10 janeiro. 2014.

GUIMARÃES, S.S. **Vegetable fiber-cement composites. In: international symposium on vegetable plants and their fibres as building materials**, 2., 1990, Salvador. Proceedings... London: Chapman and Hall, 1990. p. 98-107. Rilem Proceedings, 7

IBGE. **Produção Agrícola Municipal: culturas temporárias e permanentes/ IBGE**. - V.1(1974) Rio de Janeiro: IBGE, 1977 v. Anual. Continuação de Levantamento da produção agrícola municipal, Rio de Janeiro, 2012

JOAQUIM, Ana Paula.; TONOLI,Gustavo; SANTOS,Sergio F dos; SAVASTANO JR,Holmes; Sisal **organosolv pulp as reinforcement for cement based compósites**. Materials research vol 12, PP 305-314., 2009.

JOHN, M. J.; THOMAS, S.; **Carbohydrate. Polymers**. **2**008, *71*, 343..

JAYARAMAN, K.; **Manufacturing sisal–polypropylene composites with minimum fibre degradation, Compos Sci Technol**, vol. **63**, **2003**, p.367-374; 113.

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

LED-ESALQ-USP/SCTDE-SP, 1997. 102p

LNEC -Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa/ Portugal, 2006

LABRINCHA Joao Antonio RIBEIRO DV and MORELLI MR. **Use of red mud as addition for portland cement mortars**. Journal of Materials Science and Engineering. 2010; 4(8):1-9

MACHADO, Kaio Cruz; DAMM, Djoille Denner; FORNARI , Celso Carlino Maria J. **Reaproveitamento tecnológico de resíduo orgânico: casca de coco verde na produção de gabinetes ecológicos de computadores.** In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2., 2009, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: Instituto Venturini, 2009. Disponível em: <http://www.institutoventuri.com.br/t013.pdf>. Acesso em: 02/0 /2014

MANZINI, Ezio.; VEZZOLI,Carlo. **O Desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais.** 1ª Ed 2 reimpr.-São Paulo Editora da Universidade de São Paulo, 2008 pag.336

MANSUR, Alexandra A. P. **Mecanismo físico-químico de aderência na interface argamassa modificada com polímeros/cerâmica de revestimento.** Tese (Doutorado) Engenharia Metalúrgica, Ciência e Eng. de Materiais. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2007. 365p

MASSUKADO, Luciana. Miyoko. **Sistema de Apoio a Decisão: Avaliando Cenário da Gestão Integrada de Residuos Urbano Domiciliares**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, SP

MEHTA, P.K., MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais** Ed. IBRACON, 2008. São Paulo. 674 p

MOCELIN, Ezequiel Zatoni. **Antraquinona e surfactante para otimização do processo Kraft com *Pinus ssp*.** Dissertaçao de mestrado (Mestrado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal do Parana,Curitiba,84 p.2005

MOHAN, Dinesh.; PITTMAN, Charles. U. Jr. .; STEELE P. H.; ***Energy Fuels* 2006**, *20*, 848.

MORAIS, Rosa Livia Carvalho; et. al.. **Estudo da Caracterização Reológica do licor Negro do Processo Soda/ Bambusa vulgaris schrad e do Efeito da Aplicação do Peróxido de Hidrogênio.** Disponível em: <http://ciadicyp.unam.edu.ar/trabajos/trabajos/varios/Coelho-78-UFP-Br.pdf>. Acesso em 02 de março de 2014.

NOLASCO, Adriana. Maria (coord.) **Relatório do projeto de aproveitamento dos resíduos da agroindústria da banana no Vale do Ribeira**, 11. Piracicaba:

NBR 10004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2004)

PAIVA, M. C. Compósito concreto aço. Dissertação. Universidade do extremo Sul Catarinense. Criciuma, 2005.

PESSOA, Thayze Rodrigues Bezerra. **Avaliação do processo de obtenção de farinha da casca de banana (Musa sapientum) das variedades Prata, Pacovan e Maçã**. 2009. 121p. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade federal da Paraíba, João Pessoa,2009.

PIETAK, A.; KORTE, S.; TAN, E.; DOWNRD, A.; STAIGER, M. P.; *Appl. Surf. Sci.* **2007**, *253*, 3627. Ren, J.-L.; Sun, R.-C.; Peng, F.; *Polym. Degrad. Stab.* **2008**, *93*, 786.

POF/IBGE- Pesquisa de Orçamentos Familar, 2009.

Potencialidades e oportunidades na química da sacarose e outros açúcares,2009

PNRS -Política Nacional de Resíduos Sólidos, 2010

PTITCHKINA, N.M.; DANILOVA, I.A.; DOXASTAKIS, G.; KASAPIS, S. ; MORRIS, E.R. **Carbohydr. Polym.,** 23, p. 265 (1994)

RIBEIRO,M. L.- **Programa para análise de juntas coladas:Compósito/compósito e metal/compósito**. Dissertação. Universidade Federal de São Paulo. São Carlos, 2009.

ROGALINSKI, T.; INGRAM, T.; BRUNNER, G.; *J.* ***Supercrit. Fluids* 2008**, *47*, 54

ROMBOUTS, F.M.; PILNIK, W.; - **Process Biochem**., 13, p. 9 (1978).

RODRÍGUEZ, N. J., LIMÓN, M. Y.; MICELI, F. A.; GUSMAN. O. G.; ORTIZ, T. P. M.; RIVERA, L. L.; FEIJOO, J. A. V. **Assessment of coconut fibre insulation characteristics and its use to modulate temperatures in concrete slabs with**

the aid of a finite element methodology. **Energy and Buildings**, v. 43, p. 1264-1272, 2011.

RSU – Resíduos Solidos Urbanos, 2014

SALES, Angela Teresa Costa., **Retração, Fluência e Fratura em compósitos Cimentícios reforçados com polpa de Bambu,** Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil, PUC/Rio, 2006

SANTOS, Elba Gomes dos., **Estudo da Adsorção de Contaminantes Orgânicos Provenientes da Água de Extração do Petóleo, em Coluna de Leito Fixo, utilizando Biomassas como Adsorventes.** Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande, PB. 2005.

SAVASTANO JÚNIOR, Holmer; SANTOS, Sérgio. **Uso de resíduos de fibra vegetal em construção**. **Com Ciência**, n. 125, 2011. p.24

SILVA, Ethiene P. da; SOARES, Monique P.; BOLDT, Rachel S. **Simpósio Brasileiro de Design Sustentável 2. Aplicação do compósito AKS7 no design de móveis. Anais Rede Brasil de Design Sustentável**. São Paulo: RBDS, 2009

SILVA, R. V.; AQUINO, E. M. F.; RODRIGUES, L. P. S.; BARROS, A. R. F. **Desenvolvimento de um compósito laminado híbrido com fibras natural e sintética.** Revista matéria, vol. 13, no. 1 – pp. 154-161, 2008

SILVA, Valdirene Maria .; **Ação da carbonatação em vigas de concreto armado em serviço, em serviço construída em escala natural e reduzida**. Tese de doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos –Universidade de São Paulo. São Carlos/SP, 2007 281 p.

SILVERSTEIN, Robert M, et al. **Spectrometric Identification of organic compounds**. 7 th ed. Wiley, 2005. 512p.

SMOOK, G. A**. Manual para técnicos de pulpa y papel.** Vancouver: A. Wilde, 1990. 397 p

SOROUSHIAN, P.; SHAH, Z.; WON, J.P. **Optimization of waste fiber-cement composites.** ACI Materials Journal, Farmington Hills, v. 92, n. 1, p. 82-92, Jan. - Feb. 1995

STODDART, R.W.; BARRET, A.J. & NORTHCOTE, D.H. - BIOCHEM. J., 102, p. 194 (1967).

SWIFT, D.G. **Sisal-cement composites and their potential for rural Africa**. In: COMPOSITE STRUCTURES, 3. Proceedings... London: Elsevier Applied Science Publishers, 1985. p. 774-787.

TANOBE, Valcineide O. de A. et al. **Caracterização de compósitos de matriz poliéster reforçados por Luffa Cilindrica.** Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação. Uberlândia. 2003. Dispnível no

sitewww.demec.ufpr.br/grupo_de_polimeros/COF03_0104.pdf.Acessado em março de 2014 Salvador, 2005

TAPPI T222 om-98. **Acid-insoluble lignin in wood and pulp.** Atlanta, GA, USA: Technical Association of the Pulp and Paper Industry; 1998

TAPPI T207 om-93. Acesso em 08 de nov.de 2013.

TEIXEIRA, M.G.; CÉSAR, S.F. **Produção de Compósito com Resíduo de Madeira no Contexto da Ecologia Industrial.** Anais do 10° "Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira", São Pedro - SP, 2006.

TONOLI, G. H. D.; et al. **Eucalyptus Pulp Fibres as Alternative Reinforcement to Engineered Cement Based Composites**. Industrial Crops and Products, v. 31, n. 2, p. 225-232, mar. 2010b

THIBAULT, J.F.; PETIT, R.,1979. **Les substances pectines : Les polymeres vegetaux, polyemeres parietaux et alimentaires non azotes**,(Monties, B. Eds. Bordas), Paris.

VALE, Aline Colares do; SOARES, Jorge Barbosa; CASAGRANDE, Michele Dal Toe. **Aplicabilidade de fibras de coco em misturas asfálticas tipo SMA**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS, 4., 2007, Campinas. Resumos... Campinas: ABPG, 2007. Disponível em: <http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/4/resumos/4PDPETRO_4_3_0393-1.pdf>. Acesso em: 05 março 2014

VENTURA, A. M. F. M. Os compósitos e dua aplicação na reabilitação de estruturas metálicas. **Ciência&Tecnologia dos Materiais**, v. 21, n. 3/4, 2009.

VIVIANE Costa Correa; **Produção e caracterização da polpa organosolve de bambu para reforço em matrizes cimenticias.** Dissertaçao de Mestrado. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Alimentos. Pirassurunga/SP,2011 113 f.

VAZ Junior, Silvio. **Uso dos coprodutos e resíduos de biomassa para obtenção de produtos químicos renováveis**. Brasília,DF: Embrapa Agroenergia, 2010. 4 p. color. (Embrapa Agroenergia. Circular técnica, 002).

YANG, B.; WYMAN, C. E.; **Bioresour. Technol**. 2008, 99, 5756.

<http:// www.institutocarbono**brasil**.org.br/noticias5/noticia=73415 Acessado em: 04 de jan. de 2014.

<http:// www.sucre-info.com/index.php?id.Acesso em 01 mar.2014

<http:// www.sbera.org.br/2sigera/obras/p12.pdf acesso em 01 mar.2014

<http:// *www.registro.unesp.br/sites/museu/basededados/arquivos/00000321.pdf* Acessado em: 04 mar. de 2014

<http:// www.sucre-info.com/index.php?id, Acessado em: 04 de fev. de 2014.

<http://colunas.globorural.globo.com/agropauta/category/agro: acessado em 02 de jan. de 2014.

<http:// www.protolab.com.br, acessado em: 27 jan.de 2014

<http://*www.registro.unesp.br/sites/museu/basededados/arquivos/00000321.pdf* Acesso em 04 mar. de 2014.

<http://www.usinafortaleza.com.br/produto/detalhes/28/linha_de../cimentinho. Acesso em 10 de mar. 2014

8 Apêndices

ENSAIO TEOR DE EXTRATIVOS SOLÚVEIS

	FIBRAS (g)	BALÃO (g)	EXTRATIVOS +BALÃO (g)	EXTRATIVOS	% UMIDADE	% EXTRATIVOS	MÉDIA	DESVIO
Talos in natura	1,7412	117,5463	117,583	0,0367	2,506	2,055	2,084	0,098
Talos in natura	3,0286	104,289	104,3561	0,0671		2,216		
Talos in natura	3,3378	89,2178	89,2839	0,0661		1,980		
Fibras Lignocelulósica	2,214	109,2979	109,3213	0,0234	4,572	1,009	1,241	0,182
Fibras Lignocelulósica	2,5005	120,3257	120,362	0,0363		1,452		
Fibras Lignocelulósica	2,8458	123,675	123,7109	0,0359		1,262		

ENSAIO TEOR DE LIGNINA RESIDUAL

AMOSTRA	FILTRO (g)	AMOSTRA (g)	FILTRO + LIGNINA (g)	LIGNINA (g)	TEOR DE LIGNINA	MÉDIA	DESVIO
Talos in natura	29,6679	1,0000	29,845	0,1771	17,71%	16,90%	0,865%
Talos in natura	40,5916	0,5001	40,6766	0,085	17,00%		
Talos in natura	94,2954	0,5010	94,3755	0,0801	15,99%		
Fibras Lignocelulósica	93,4467	0,5000	93,5572	0,1105	22,10%	16,70%	3,271%
Fibras Lignocelulósica	93,2603	0,5004	93,3368	0,0765	15,29%		
Fibras Lignocelulósica	41,8227	0,5003	41,8895	0,0668	13,35%		
Fibras Lignocelulósica	49,942	0,5006	50,0223	0,0803	16%		

ENSAIO DE ABSORSÃO DE UMIDADE								
TEOR DE FIBRAS	CORPO DE PROVA	PESO SECO (g)	PESO IMERSO 24HS (g)	% ABSORSÃO	PESO IMERSO 5 DIAS (g)	% ABSORSÃO	PESO IMERSO 28 DIAS (g)	% ABSORSÃO
10,00%	1,000	8,489	10,047	18,35%	11,341	33,60%	11,733	38,21%
10,00%	3,000	6,853	8,982	31,07%	9,146	33,46%	9,613	40,27%
10,00%	6,000	8,114	10,679	31,61%	11,066	36,38%	11,383	40,29%
10,00%	8,000	6,470	8,731	34,95%	9,075	40,26%	9,449	46,04%
10,00%	10,000	7,876	10,656	35,30%	10,930	38,78%	11,453	45,42%
MÉDIA				30,25%		36,50%		42,05%
DESVIO PADRÃO				0,069		0,030		0,035
5,00%	1,000	7,383	10,007	35,54%	10,395	40,80%	10,411	41,01%
5,00%	3,000	8,391	11,158	32,98%	11,497	37,02%	11,554	37,70%
5,00%	5,000	9,095	12,423	36,59%	12,764	40,34%	13,110	44,15%
5,00%	7,000	9,437	12,785	35,48%	13,057	38,36%	13,353	41,50%
5,00%	10,000	7,406	10,057	35,80%	10,264	38,59%	10,495	41,71%
MÉDIA				35,28%		39,02%		41,21%
DESVIO PADRÃO				0,014		0,015		0,023
ENSAIO DE ABSORSÃO DE UMIDADE								
3,00%	1,000	8,277	10,341	24,94%	10,515	27,04%	10,704	29,32%
3,00%	3,000	6,979	8,775	25,73%	8,896	27,47%	9,032	29,42%
3,00%	5,000	9,656	12,046	24,75%	12,284	27,22%	12,574	30,22%
3,00%	8,000	9,119	11,469	25,77%	11,594	27,14%	11,792	29,31%
3,00%	10,000	9,156	11,369	24,17%	11,488	25,47%	11,604	26,74%
MÉDIA				25,07%		26,87%		29,00%
DESVIO PADRÃO				0,007		0,008		0,013
1,00%	1,000	11,114	13,344	20,06%	13,498	21,45%	13,733	23,56%
1,00%	3,000	11,150	13,349	19,72%	13,475	20,85%	13,694	22,82%
1,00%	5,000	10,310	12,387	20,15%	12,506	21,30%	12,739	23,56%
1,00%	7,000	10,959	13,199	20,44%	13,358	21,89%	13,564	23,77%
1,00%	10,000	9,139	10,981	20,16%	11,113	21,60%	11,319	23,85%
MÉDIA				20,11%		21,42%		23,51%
DESVIO PADRÃO				0,003		0,004		0,004

Desempenho Mecânico – 10% de fibras

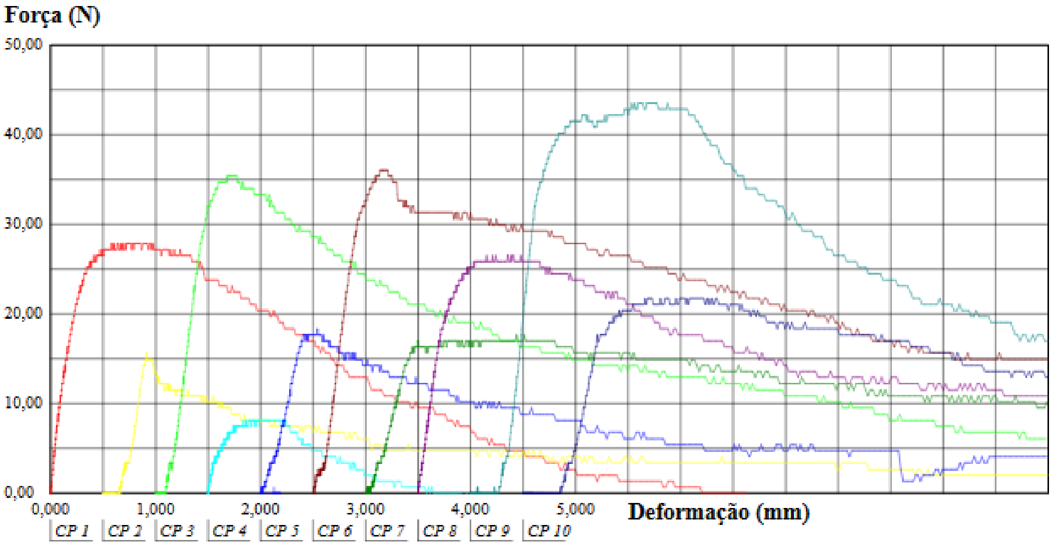
Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **28/11/2013** Hora: **17:12:04** Trabalho nº **0097**

Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **UFPel_ASTM D143 Flexão**

Ident. Amostra: >>

Corpo de Prova	Largura (mm)	Altura (mm)	Distancia entre Apoios (mm)	Força Máxima (N)	Tensão Máxima (MPa)	Deformação (mm)	Módulo de Elasticidade (MPa)
CP 1	13,56	7,77	102	27,93	5,22	*	5305,78
CP 2	14,24	7,33	102	15,67	3,13	*	3826,96
CP 3	14,69	7,62	102	35,42	6,35	*	3887,81
CP 4	14,21	7,29	102	8,17	1,66	*	3044,04
CP 5	13,22	6,51	102	18,39	5,02	*	3514,41
CP 6	13,76	7,00	102	36,10	8,19	*	5296,10
CP 7	13,95	7,43	102	17,71	3,52	*	1703,88
CP 8	14,24	7,78	102	26,57	4,72	*	3592,25
CP 9	14,25	7,85	102	43,59	7,60	*	4971,63
CP 10	14,19	7,37	102	21,80	4,33	*	2573,14
Número CPs	10	10	10	10	10	0	10
Média	14,03	7,395	102,0	25,14	4,973	*	3772
Mediana	14,20	7,400	102,0	24,18	4,869	*	3710
Desv.Padrão	0,4199	0,4086	0,0000	10,88	2,006	*	1177
Coef.Var.(%)	2,992	5,526	0,0000	43,29	40,33	*	31,21
Mínimo	13,22	6,510	102,0	8,174	1,656	*	1704
Máximo	14,69	7,850	102,0	43,59	8,192	*	5306



Desempenho Mecânico – 5% de fibras

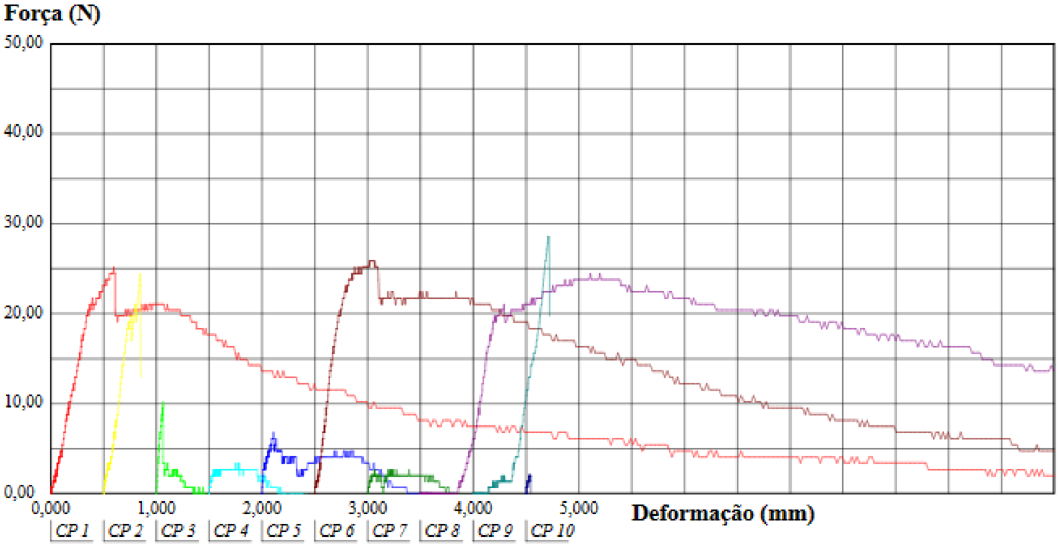
Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **28/11/2013** Hora: **18:21:17** Trabalho nº **0098**

Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **UFPel_ASTM D143 Flexão**

Ident. Amostra: >>>

Corpo de Prova	Largura (mm)	Altura (mm)	Distancia entre Apoios (mm)	Força Máxima (N)	Tensão Máxima (MPa)	Deformação (mm)	Módulo de Elasticidade (MPa)
CP 1	12,84	8,17	102	25,20	4,50	*	2558,73
CP 2	13,28	9,24	102	24,52	3,31	0,35	1832,37
CP 3	14,00	7,94	102	10,22	1,77	0,06	4415,40
CP 4	13,37	7,61	102	3,41	0,67	*	670,49
CP 5	13,01	7,61	102	6,81	1,38	*	1854,19
CP 6	14,92	7,77	102	25,88	4,40	*	4059,77
CP 7	13,34	7,98	102	2,72	0,49	*	2095,02
CP 8	13,49	7,52	102	24,52	4,92	*	3861,76
CP 9	12,58	7,87	102	28,61	5,62	0,71	4633,97
CP 10	13,75	7,16	102	2,04	0,44	*	1619,00
Número CPs	10	10	10	10	10	3	10
Média	13,46	7,887	102,0	15,39	2,750	0,3760	2760
Mediana	13,35	7,820	102,0	17,37	2,540	0,3508	2327
Desv.Padrão	0,6603	0,5531	0,0000	11,21	2,016	0,3257	1374
Coef.Var.(%)	4,907	7,012	0,0000	72,80	73,30	86,63	49,78
Mínimo	12,58	7,160	102,0	2,044	0,4435	0,06356	670,5
Máximo	14,92	9,240	102,0	28,61	5,618	0,7136	4634



Desempenho Mecânico – 3% de fibras

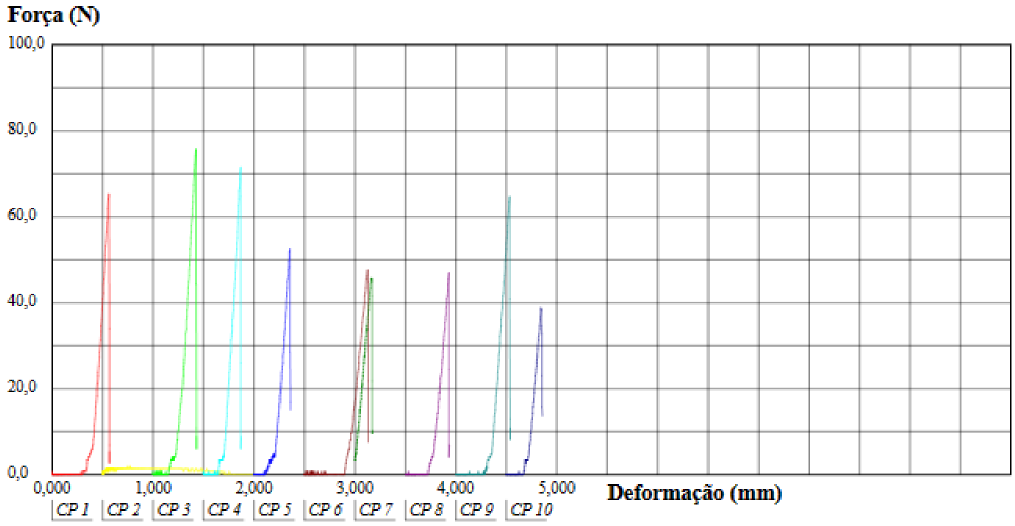
Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **29/11/2013** Hora: **14:50:54** Trabalho nº **0101**

Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **UFPel_ASTM D143 Flexão**

Ident. Amostra: >>>

Corpo de Prova	Largura (mm)	Altura (mm)	Distancia entre Apoios (mm)	Força Máxima (N)	Tensão Máxima (MPa)	Deformação (mm)	Módulo de Elasticidade (MPa)
CP 1	13,00	7,81	102	65,39	12,62	0,56	16408,79
CP 2	13,33	7,55	102	2,04	0,41	*	62,94
CP 3	12,60	8,63	102	75,61	12,33	0,43	13599,42
CP 4	12,66	8,79	102	71,52	11,19	0,37	12592,54
CP 5	13,18	8,30	102	52,45	8,84	0,36	11842,34
CP 6	13,24	7,10	102	47,68	10,93	0,63	14173,82
CP 7	13,01	7,66	102	45,64	9,15	0,17	12801,01
CP 8	12,87	7,62	102	47,00	9,62	0,43	13028,65
CP 9	12,90	7,78	102	64,71	12,68	0,53	16383,36
CP 10	12,78	7,64	102	38,83	7,96	0,35	13162,11
Número CPs	10	10	10	10	10	9	10
Média	12,96	7,888	102,0	51,09	9,573	0,4249	12410
Mediana	12,95	7,720	102,0	50,07	10,28	0,4264	13100
Desv.Padrão	0,2430	0,5241	0,0000	21,15	3,624	0,1362	4597
Coef.Var.(%)	1,875	6,644	0,0000	41,39	37,86	32,06	37,06
Mínimo	12,60	7,100	102,0	2,044	0,4115	0,1707	62,94
Máximo	13,33	8,790	102,0	75,61	12,68	0,6277	16410



Desempenho Mecânico – 1% de fibras

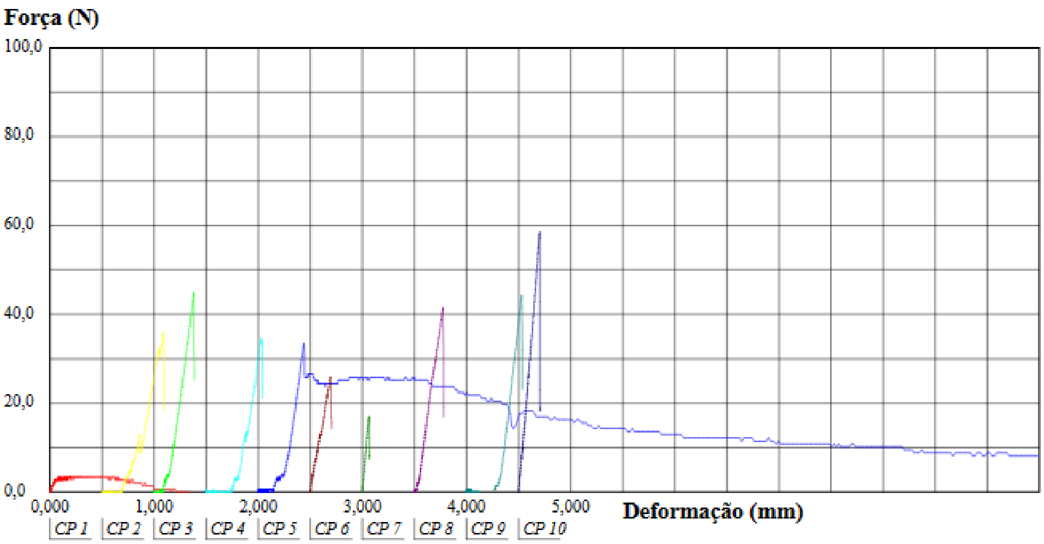
Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000N** Célula: **Trd 26** Extensômetro: - Data: **29/11/2013** Hora: **15:13:51** Trabalho nº **0102**

Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **UFPel_ASTM D143 Flexão**

Ident. Amostra: >>

Corpo de Prova	Largura (mm)	Altura (mm)	Distancia entre Apoios (mm)	Força Máxima (N)	Tensão Máxima (MPa)	Deformação (mm)	Módulo de Elasticidade (MPa)
CP 1	13,04	8,36	102	3,41	0,57	*	2317,59
CP 2	12,97	7,95	102	36,10	6,74	0,59	6048,35
CP 3	12,74	7,86	102	44,96	8,74	0,38	8365,45
CP 4	13,17	7,96	102	34,74	6,37	0,53	6441,70
CP 5	13,77	7,50	102	33,38	6,59	*	7665,95
CP 6	13,11	7,70	102	25,88	5,10	0,20	8424,36
CP 7	13,15	8,83	102	17,03	2,54	0,07	7549,64
CP 8	12,77	7,86	102	41,55	8,06	0,28	7965,26
CP 9	13,00	8,49	102	44,28	7,23	0,53	6811,03
CP 10	12,46	8,05	102	58,58	11,10	0,20	12236,48
Número CPs	10	10	10	10	10	8	10
Média	13,02	8,056	102,0	33,99	6,304	0,3471	7383
Mediana	13,02	7,955	102,0	35,42	6,666	0,3279	7608
Desv.Padrão	0,3444	0,3962	0,0000	15,57	3,012	0,1900	2465
Coef.Var.(%)	2,646	4,919	0,0000	45,81	47,77	54,73	33,40
Mínimo	12,46	7,500	102,0	3,406	0,5718	0,06709	2318
Máximo	13,77	8,830	102,0	58,58	11,10	0,5894	12240



9 Anexo

Fonte: http://www.usinafortaleza.com.br/produto/detalhes/28/linha_de../cimentinho. Acesso em 10/03/2014.

1. Utilize um recipiente limpo, protegido do sol, da chuva e do vento.

2. Introduza todo o conteúdo de uma embalagem de **Cimentinho Fortaleza** em forma de círculo deixando o centro vazio.

3. Em seguida adicione água limpa no centro do círculo e misture até obter uma consistência pastosa e homogênea.

4. Relação massa produto/volume de água potável:

• Para 1 saco de 1kg de **Cimentinho Fortaleza** misture 350 ml de água potável.
• Para 1 saco de 5kg de **Cimentinho Fortaleza** misture 1,750 litro de água potável.

5. O volume de água e a qualidade da argamassa podem ser variáveis de acordo com a qualidade dos produtos utilizados em mistura com o **Cimentinho Fortaleza**.

MODO DE APLICAR

Utilizar o **Cimentinho Fortaleza** para pequenos reparos utilizando equipamentos como colher de pedreiro, desempenadeira e espuma para acabamento em áreas internas e externas.

FICHA TÉCNICA

Composição: Sulfato de cálcio, silicato de cálcio, aluminato de cálcio e filler carbonático.

Validade: 24 meses a partir da data de fabricação impressa na embalagem.

Embalagem: Sacos plásticos de 1 kg e 5 kg.

Cura final: 28 dias.

Cores: Cinza e Branco.

ARMAZENAGEM

Conserve em local seco e arejado, sobre estrados, em pilhas com, no máximo, 15 fardos de altura, com distância mínima de 30 cm da parede na embalagem original fechada.

IMPORTANTE

- Sempre utilize equipamentos de proteção como óculos, máscara e luvas de borracha.
- Em caso de contato com a pele, lave imediatamente com água em abundância.
- Em caso de contato com os olhos, lave imediatamente com água em abundância e procure orientação médica.
- Em caso de ingestão procure imediatamente orientação médica.

Fonte: http://www.usinafortaleza.com.br/produto/detalhes/28/linha_de../cimentinho. Acesso em 10/03/2014.