

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

COMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM RESÍDUO DE AÇAÍ PARA
MITIGAÇÃO DE EFEITOS TÉRMICOS COMO ESTRATÉGIAS
ECO-ALTERNATIVAS EM HABITAÇÕES NA AMAZÔNIA

ANDREZZA DE MELO BARBOSA

MANAUS

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ANDREZZA DE MELO BARBOSA

COMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM RESÍDUO DE AÇAÍ PARA
MITIGAÇÃO DE EFEITOS TÉRMICOS COMO ESTRATÉGIAS
ECO-ALTERNATIVAS EM HABITAÇÕES NA AMAZÔNIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Engenharia Civil, área de concentração em Materiais e Componentes de Construção.

Orientadora: Prof^a Dr^a Virginia Mansanares Giacon

Co-orientadora: Prof^a Dr^a Lucieta Guerreiro Martorano

MANAUS

2016

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

B238c Barbosa, Andrezza de Melo
Compósitos poliméricos com resíduo de açaí para a mitigação de efeitos térmicos como estratégias eco-alternativas em habitações na Amazônia / Andrezza de Melo Barbosa. 2016
92 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Virginia Mansanares Giacon
Coorientadora: Lucieta Guerreiro Martorano
Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Atenuador de calor. 2. Placas de fontes renováveis. 3. Carço de palmeira. 4. Termografia infravermelho. 5. Construções sustentáveis. I. Giacon, Virginia Mansanares II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



UFAM

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA CIVIL



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO Nº. 016/2016

ATA DA DEFESA DA DISSERTAÇÃO AO TÍTULO DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL

DATA DO EXAME: 15/12/2016

DISCENTE: Andrezza de Melo Barbosa

ORIENTADOR: PROF^a. DR^a. Virginia Mansanares Giacon COORIENTADORA: LUCIETA MARTORANO

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dr^a. Virginia Mansanares Giacon (Presidente)

Prof. Dr. Raimundo Pereira de Vasconcelos (Membro)

Prof. Dr. Bázilio Frasco Vianez (Membro Externo)

TÍTULO DA PROPOSTA DE DISSERTAÇÃO: "COMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM RESÍDUO DE AÇAÍ PARA MITIGAÇÃO DE EFEITOS TÉRMICOS COMO ESTRATÉGIAS ECO-ALTERNATIVAS EM HABITAÇÕES NA AMAZÔNIA".

LOCAL: Sala de aula Pós-Graduação do bloco Professor Vilar Fiuza da Câmara da Faculdade de Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas. HORA DE INÍCIO: 09h00.

De acordo com o Regimento Interno do Programa Pós – Graduação em Engenharia Civil, aprovados pelo Conselho de Ensino e Pesquisa/CONSEP/UFAM e CAPES, o (a) aluno (a) submeteu sua dissertação em forma escrita e oral, sendo após exposição de cerca de 43 minutos argüido oralmente pelos membros da banca, tendo tido como resultado:

Aprovação por unanimidade de sua dissertação. O (A) aluno (a) foi considerado aprovado, podendo pleitear o título de Mestre.

Reprovação de sua Dissertação. O (A) aluno (a) não foi considerado aprovado (a) na sua Defesa de Dissertação. Não podendo pleitear o título de Mestre.

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que será assinada pelos membros da banca e pelo (a) aluno (a).

Observações _____

Manaus, 15 de dezembro de 2016.

Profa. Dr^a. Virginia Mansanares Giacon (Presidente)

Prof. Dr. Raimundo Pereira de Vasconcelos (Membro)

Prof. Dr. Bázilio Frasco Vianez (Membro Externo)

Andrezza de Melo Barbosa (Discente)

À minha amada família.

Ao meu amor, por tudo.

Aos meus queridos amigos.

A todos os professores, desde os primeiros, que contribuíram para minha formação.

E à comunidade científica que possa desfrutar desta pequena contribuição.

Dedico.

A Deus pela oportunidade, onde posso estudar e ajudar ao próximo com o que aprendi e aprendo a cada dia. Este é um dos conceitos fundamentais de valorizar a vida para mim.

À Universidade Federal do Amazonas, pela oportunidade de ingresso no mestrado.

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia civil da Faculdade de tecnologia da UFAM, pelo apoio ao ensino e aprendizagem nesta trajetória.

À professora Virgínia Giacon pelo acolhimento desde o início deste caminho, bem como suas orientações e subsídios, os quais foram fundamentais para que este trabalho se concretizasse, professora: Meu muito obrigada!

À minha co-orientadora Lucieta Martorano, verdadeira “mãe científica” que me estende a mão indistintamente e que nunca desistiu de lutar por seus ideais e seus alunos. A profissional que sou, e o ser humano que me tornei, existem porque a tenho como mentora.

Aos técnicos dos laboratórios, especialmente Rosinaldo, por todo o apoio e ajuda nos momentos de dúvidas e incertezas processuais. Acrescento ainda, os caros Diego e Beatriz, também de extremo valor para este trabalho. Gratidão a vocês.

Aos parceiros científicos que dividiram as salas de aula comigo, e que me ajudaram em inúmeros momentos, muito obrigada: Fabrício, Viviane, Gleicyanne, e os demais que compartilharam desta construção científica.

À CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado que permitiu o aporte financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a obtenção deste trabalho de mestrado.

Agradeço!

Você não sabe o quanto é forte, até que essa seja a sua única opção.

-Autor desconhecido-

RESUMO

A capital do Amazonas está situada em uma zona bioclimática cuja ventilação cruzada e uso de condicionador de ar são estratégias necessárias para se atingir a zona de conforto. Em Manaus, o desconforto térmico oriundo de altas temperaturas e da umidade relativa do ar está presente na maior parte do ano. Ao avaliar áreas urbanas construídas, em termos de envoltória do edifício, a cobertura costuma ser uma das principais responsáveis pelo ganho de cargas térmicas, necessitando de estratégias de projeto que contemplem elementos capazes de atenuar o calor. Em adição a esses atenuantes térmicos apresenta-se como oportunidade de negócio na construção civil estratégias eco-alternativas a partir de resíduos agroindustriais com potencial de uso como material sustentável, a exemplo dos caroços de açaí que são descartados em cidades como Belém e Manaus. O objetivo neste trabalho foi avaliar compósitos poliméricos com resina bicomponente à base de óleo de mamona e reforçados com partículas de caroço do açaí para mitigação de efeitos térmicos em habitações na Amazônia. Para a realização desta pesquisa foram levantados dados de oferta de resíduos, e posterior coleta de materiais em mini-beneficiadoras para a realização das caracterizações físicas, morfológicas e químicas nos caroços triturados, além de físicas, mecânicas e termográficas nos compósitos. Os resultados evidenciaram que somente em 2015 foram produzidas mais de 13 mil toneladas de açaí no Amazonas, sendo que o caroço representa cerca de 80% do fruto descartado como lixo. Pesquisas apontam que o resíduo orgânico de açaí não possui valor agregado, sendo geralmente destinado para a queima em fornos ou para produção de adubo. O processamento para produção das placas iniciou-se com a secagem dos caroços, tratamento em estufa para posterior trituração em moinho de facas e peneiramento em 5 tipos de peneiras para testes de granulometria. Os compósitos foram produzidos com base em um delineamento experimental com ponto central (2^2+1), variando-se as porcentagens de resina: 10, 12,5 e 15%. Deste modo, obteve-se 5 tipos de placas, denominadas Grossa 15%, Grossa 10%, Misturadas 12,5%, Média 15% e Média 10%. Placas ou painéis do tipo Grossa 15% apresentaram melhores resultados de inchamento e absorção de água, itens importantes em relação às variações dimensionais dos painéis. Os resultados termográficos também apontaram esse tipo de placa como a mais indicada para o uso em forros devido à sua característica refletiva e seu potencial para o conforto térmico. Esses resultados indicam ainda que as placas possuem alto potencial de uso sustentável por conter matéria prima de fontes renováveis como no caso da mamona para a resina e do caroço de açaí como reforço, mitigando a “pegada de lixo” ambiental do açaí, bem como do pré-polímero que é utilizado somente em 7,5% da composição da placa. Conclui-se que as placas podem apresentar um benefício ambiental, mitigando resíduos e promovendo conforto térmico em habitações além de apontar novos elementos de valoração para o açaí, integrando conhecimentos da construção civil, arquitetura e agrometeorologia em consonância com políticas públicas de cidades sustentáveis na Amazônia.

Palavras-chave: Atenuador de calor; Placas de Fontes Renováveis; caroço de palmeira; Termografia infravermelho, Construções Sustentáveis.

ABSTRACT

Amazonas state capital is located in a bioclimatic zone where cross ventilation and the use of air conditioning are necessary strategies for achieving the desired comfort. In Manaus, thermal discomfort originated from high temperatures and relative air humidity is present for most of the year. When assessing urban built-up areas in terms of external coating, the building's roof is often one of the main responsible for the thermal load gain, requiring design strategies which support elements capable of attenuating heat. In addition to these thermal mitigators, the bulk of agroindustrial waste is presented as a business opportunity for the construction industry as a sustainable material, with the açai stone as an example, which is discarded in cities as Belém and Manaus. The present work is aimed at testing polymeric composites from castor oil based bicomponent resin reinforced with açai stone particulates for mitigating the thermal effects on Amazon households. In order to perform this work, waste supply data was surveyed and posterior collection of material in small processing companies was performed for characterizing the composites' physical, morphological and thermal properties. The results demonstrated that only in 2015, more than 13,000 tons of açai were produced in the Amazonas state and its stone represents about 80 percent of the fruit, being disposed as waste. Research indicates that the organic residue from açai does not have high added value, being often allocated for firing in ovens or for composting. The sheet production process began with drying of the stones, oven treatment for posterior milling in a cutting mill and sieving in five screen types for grain size tests. The composites were produced according to an experimental design with a central point, taking into account 3 resin amounts: 10, 12.5 and 15%. This way, 5 types of sheets were obtained, denominated Thick 15%, Thick 10%, Mixed 1, 2 and 3; 12.5%, Medium 15% and Medium 10%. Thick 15% type sheets provided better swelling and water absorption results, important items with regard to the panels dimensional variations. The thermography results also pointed this type of sheet as the most suitable for use in ceiling headliners and partitions due to its potential for thermal comfort. These results indicate that the sheets possess a high potential for sustainable use since they contain raw products from renewable sources, as in the case of castor for the resin and the açai stone for the reinforcement, mitigating the açai environmental waste footprint as well as the one for the prepolymer, which accounts for only 7,5% of the sheet composition. The conclusion is that the sheets provide an important environmental benefit, mitigating residues and promoting thermal comfort in housing as well as indicating new valuation elements for açai, integrating knowledge from Civil Construction, Architecture and Agrometeorology in accord with the public policies for sustainable cities in the Amazon.

Keywords: Thermal comfort; Renewable materials; Acai waste; Infrared thermography, Sustainable Buildings.

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Dados de produção de açaí nos 20 maiores produtores do fruto	18
Figura 2 - Diagrama referente aos tipos de compósitos e suas subdivisões	21
Figura 3 – Açaí coletado: a) Secagem do açaí ao sol; b) Presença de impurezas no material .	25
Figura 4 - Desenho esquemático do delineamento experimental com ponto central (2^2+1)	26
Figura 5 - Diagrama metodológico para desenvolvimento da pesquisa	27
Figura 6 - Processo de moagem dos caroços de açaí no Moinho de Facas: a) Visão geral; b) Material no equipamento; c) Material moído.	27
Figura 7 - Partículas de caroços de açaí usadas no ensaio de densidade por Picnometria a gás Hélio nas granulometrias: a) 8 Tyler; b) 14 Tyler; c) 48 Tyler; d) 100 Tyler; e) 200 Tyler	28
Figura 8 - Analisador Halógeno com amostra de açaí para medição de teor de umidade.....	29
Figura 9 - Etapas do ensaio químico de teor de extrativos	30
Figura 10 - Etapas do ensaio químico de teor de lignina.....	31
Figura 11 - Etapas do ensaio químico de celulose.....	32
Figura 12 - Etapas do ensaio de teor de cinzas.....	32
Figura 13 - Materiais necessários para a confecção da Placa.....	36
Figura 14 – Etapa inicial da produção de painéis particulados: a) Separação da resina e das partículas; b) Mistura do pré-polímero com as partículas de caroço de açaí; c) Mistura do polioliol com as partículas de caroço de açaí	36
Figura 15 - Etapas de processamento das placas	37
Figura 16 - Medição dos corpos de prova com micrômetro, para ensaio de inchamento	38
Figura 17 - Imersão dos corpos de prova em água destilada, para ensaio de inchamento	38
Figura 18 - Microscópio usado nas análises óticas dos compósitos.....	40
Figura 19 - Preparação da amostra para o ensaio de MEV: a) Polimento na Politriz; b) Amostra polida	41
Figura 20 - MEV de bancada e alocação das amostras dos compósitos e do caroço triturado	41
Figura 21 - Equipamentos e corpos de prova do ensaio de arrancamento de parafuso.....	42
Figura 22 - Preparação do ensaio de Tração Perpendicular: a) Colagem com araldite; b) Porta amostra do ensaio	42

Figura 23 – Imagens de ensaios termográficos: a) painéis particulados expostos à incidência solar direta; b) Imagem termográfica infravermelho dos painéis particulados	44
Figura 24 - Localização do INMET em relação à UFAM.....	44
Figura 25 - Micrografias das partículas de resíduo de açaí	49
Figura 26 - Micrografias da superfície das fibras: a) Visualização da Sílica; b) Sílica nas protrusões globulares	50
Figura 27 - Curvas de TG (a) e DTG (b) de todas as partículas estudadas do caroço de Açaí	51
Figura 28 - Efeitos principais para: Inchamento 2h e granulometria (a); e Inchamento 2h e resina (b).....	54
Figura 29 – Respostas quanto aos efeitos principais para: Inchamento 24h e granulometria (a); e Inchamento 24h e resina (b).....	55
Figura 30 – Curvas de respostas da interação entre os fatores: Absorção 2h e granulometria (a); e Absorção 2h e resina (b).....	58
Figura 31 - Curvas de respostas da interação entre os fatores: Absorção 24h e granulometria (a); e Absorção 24h e resina (b).....	58
Figura 32 - MEV com aumento de 40x: placa G15 (a); placa G10 (b)	59
Figura 33 - MEV das placas: Md15 com aumento de 50x (a) e 250x (b); e das placas Md10 com aumento de 40 x (c) e 100 x (d).....	60
Figura 34 – Valores médios obtidos nos ensaios de Tração perpendicular (Adesão interna). Somente a placa Md 10 não atendeu à NBR 14810	61
Figura 35 – Curvas de respostas de efeitos principais para o ensaio de adesão interna: a) Granulometria; b) Resina (%)	62
Figura 36 – Curvas de respostas de efeitos para o ensaio de Arrancamento de Parafuso: a) Arrancamento de Parafuso Superfície; b) Arrancamento de Parafuso Topo.....	64
Figura 37 - Respostas da temperatura superficial e amplitude térmica dos compósitos	66
Figura 38 - Comparação dos compósitos considerando-se a mesma granulometria e percentual de resina.....	66
Figura 39 – Curvas de respostas de efeitos principais para a temperatura superficial das placas: a) Granulometria; b) Resina (%)	67
Figura 40 - Visualização por microscopia ótica da superfície da placa Grossa 15%–.....	68

Figura 41 - Comportamento esquemático da temperatura superficial na placa Grossa 15%: a) incidência solar; b) carga térmica parcialmente refletida e parcialmente na superfície da placa; c) imagem termográfica da placa.....	68
Figura 42 - Comportamento esquemático da temperatura superficial na placa Média 10%	69
Figura 43 - Síntese dos resultados da Placa Grossa 15%	71
Figura 44 - Síntese dos resultados da Placa Grossa 10%	72
Figura 45 - Síntese dos resultados da Placa Misturada 12,5%	73
Figura 46 - Síntese dos resultados da Placa Média 15%	74
Figura 47 - Síntese dos resultados da Placa Média 10%	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa de resíduo de açaí gerado entre 2012 e 2015	19
Tabela 2 - Identificação do tipo de placa de acordo com granulometria e quantidade de resina	26
Tabela 3 - Quantidade de Resina de acordo com o % utilizado nos compósitos com 630g	34
Tabela 4 - Percentual retido por granulometria, considerando-se a moagem de 1000g de caroço de açaí	34
Tabela 5 - Quantidade de partículas e de resina para a produção das placas	35
Tabela 6 - Densidade das partículas do resíduo de açaí	46
Tabela 7 - Teor de umidade das partículas antes da produção dos compósitos	47
Tabela 8 - Composição química dos resíduos de açaí (caroço + fibra) em comparação à outras fibras naturais	47
Tabela 9 – Respostas aos ensaios de Inchamento (I) para 2 e 24 horas, com respectivos Desvio Padrão.....	53
Tabela 10 - Resultados da análise ANOVA para o ensaio de inchamento em 2 horas	54
Tabela 11 - Análise ANOVA para o ensaio de inchamento em 24 horas	54
Tabela 12 – Valores obtidos nos ensaios de Absorção (A) para 2 e 24 horas, com respectivos Desvio Padrão.....	57
Tabela 13 - Análise ANOVA para o ensaio de absorção em 2 horas.....	57
Tabela 14 - Análise ANOVA para o ensaio de absorção em 24 horas.....	57
Tabela 15 - Densidade aparente das placas de partículas de resíduo de açaí e resina de mamona	61
Tabela 16 - Resultados da análise ANOVA para o ensaio de adesão interna	62
Tabela 17 – Valores a partir dos ensaios de Arrancamento de Parafuso.....	63
Tabela 18 - Análise ANOVA para o ensaio AP – Superfície.....	64
Tabela 19 - Análise ANOVA para o ensaio AP - Topo	64
Tabela 20 - Análise ANOVA para a média das máximas temperaturas superficiais registradas por meio de termografia infravermelho.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

COPPE / UFRJ - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro

EDX - Espectrômetro de Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva

EMB – EuroMDFBoard

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDAM - Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas

IMAZON - Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia

INPA - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

MDF - Medium Density Fiberboard

MDP - Medium Density Particleboard

OSB - Oriented Strand Board

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

PU - Poliuretano

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry

TG - Termogravimetria

UF - Ureia Formaldeído

UFAM - Universidade federal do Amazonas

USP - Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	15
1.1. OBJETIVO GERAL	16
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.3. QUESTÕES NORTEADORAS	17
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1. O AÇAÍ.....	18
2.1.1. A produção do açaí na Amazônia.....	18
2.1.2. O potencial do açaí em compósitos para a construção civil.....	19
2.2. COMPÓSITOS	20
2.3. ADESIVOS - RESINAS.....	21
2.3.1. Ureia Formaldeído (UF).....	21
2.3.2. Resina Poliuretana bicomponente à base de mamona	21
2.4. PAINÉIS DE PARTÍCULAS	22
2.5. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS EM MANAUS.....	23
3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
3.1 MATERIAIS	25
3.2 MÉTODOS	25
3.2.1. Processamento.....	27
3.2.2. Caracterização dos caroços.....	28
3.2.3. Produção dos Compósitos	33
3.2.3.1. Procedimentos antes da produção dos compósitos	33
3.2.3.2. Produção das placas	35
3.2.4. Caracterização dos Compósitos	38
3.2.4.1. Ensaio de Inchamento	38
3.2.4.2. Ensaio de Absorção	39
3.2.5. Análise estatística.....	45
4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS PARTÍCULAS DO RESÍDUO DE AÇAÍ	46
4.1.1. Densidade (massa específica) das partículas.....	46
4.1.2. Teor de umidade (%)	46

4.1.3.	Caracterização química	47
4.1.4.	Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV.....	48
4.1.5.	Comportamento Térmico - Termogravimetira	50
4.2	CARACTERIZAÇÃO DOS COMPÓSITOS.....	53
4.2.1.	Caracterização Física	53
4.2.2.	Caracterização Mecânica.....	61
4.2.3.	Caracterização Termográfica (Infravermelho – IR).....	65
4.2.4.	Potencialidades de uso das placas de açaí com resina de mamona.....	70
5 -	CONCLUSÕES	76
	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	77
	REFERÊNCIAS	78
	ANEXO.....	90

1 – INTRODUÇÃO

O açaí ocupa posição de destaque dentre os frutos de maior produção do extrativismo vegetal não madeireiro no Norte do Brasil, ficando atrás somente da Castanha-do-Brasil. Em 2014 foram produzidas aproximadamente 200 mil toneladas do fruto, sendo o estado do Pará responsável por mais de 50% desta produção, seguido pelo Amazonas (33,6%), além de Maranhão, Acre, Amapá, Rondônia e Roraima ([IBGE, 2014](#)).

Nos últimos anos o fruto vem ganhando um forte mercado externo, sendo absorvido não só enquanto polpa, mas também atendendo diversos setores como cosméticos e fármacos, atingindo um crescimento anual de 50% em exportações entre 2012 e 2014, ainda que 90% dessas exportações sejam na forma de polpa e suco ([SEBRAE, 2015a](#)).

Como consequência do crescimento da produção, exportação e consumo do açaí, intensificou-se o volume de produção de resíduos agroindustriais. De acordo com [Pereira e Rodrigues \(2013\)](#), 80% do fruto correspondem ao caroço e fibras, logo, considerando-se somente a produção de 2014 de 200 mil toneladas, o lixo gerado foi em torno de 160 mil toneladas.

Em paralelo ao problema da produção de lixo da cadeia de beneficiamento do açaí, o setor da construção civil brasileira segue a tendência mundial por um planeta sustentável, investindo em novos materiais de menor impacto ao meio ambiente, chamados de *eco-friendly*, principalmente a partir de documentos como o do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC, que alertam sobre os impactos das mudanças climáticas no planeta ([IPCC, 2012](#)).

Esta nova demanda por materiais sustentáveis visa mitigar diversos fatores, visto que a construção civil engloba em suas escalas de abrangência, impactos observados nos três pilares da sustentabilidade, respondendo ao que tange o aspecto ambiental, com altas emissões de gases de efeito estufa, bem como consumo de recursos naturais, energia e água, além da geração de resíduos ([CBCS, 2011](#)).

Destacam-se nesse contexto a constante expansão urbana global e o crescimento de construções nas cidades que respondem por 70% das emissões de gases de efeito do planeta ([UN-HABITAT, 2016](#)). O setor compreende a geração de resíduos sólidos com impactos ao meio ambiente desde a retirada da matéria prima, até o descarte de materiais de maneira inadequada.

Estima-se que atualmente a quantidade de resíduos da construção civil no Brasil, é em torno de 600 Kg.hab.ano⁻¹, em cidades que não são caracterizadas como metrópoles, indicando que este valor pode ser ainda maior ([CBCS, 2014](#)).

Diante da combinação de necessidades de redução das emissões de CO₂ e reaproveitamento de resíduos para a construção civil, diversas pesquisas vem sendo desenvolvidas para a produção de compósitos com matérias primas de fontes renováveis, menor custo, e igual ou superior propriedades físicas e mecânicas, usando fibras naturais e resíduos agroindustriais, contribuindo para o aporte de carbono ([PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS, 2012](#); [LAHR et al., 2015](#)), e subsidiadas por políticas públicas a exemplo da Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) ([BRASILEIRO; MATOS, 2015](#)).

Na Amazônia, mais especificamente em Manaus, capital do estado do Amazonas, a escolha de materiais a serem usados em edificações deve atentar para mais um fator: o padrão climático da cidade. De acordo com [Lamberts et al. \(2014\)](#), os projetos arquitetônicos devem analisar não somente os parâmetros do processo projetual, mas também os fatores climáticos envolvidos para conjugar uma arquitetura sustentável interconectada à eficiência energética e à arquitetura bioclimática.

Em termos de conforto térmico e carga térmica solar incidente, a envoltória do edifício é um dos principais elementos de ganho de calor ([LOPES, 2009](#)). Por envoltória, pode-se entender as paredes da edificação e também a cobertura (conjunto de telhas, forro, entreforro, e o ático), que em casas térreas, tende a ser a maior área exposta a insolação e consequente aquecimento dos ambientes. Para analisar este problema, foi definido um objetivo geral e os respectivos objetivos específicos, conforme descritos a seguir.

1.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial de uso do caroço de açaí na confecção de painéis particulados eco-alternativos como estratégia de aumento do conforto térmico em edificações na Amazônia.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar a menor concentração de resina bicomponente de mamona para os painéis particulados, atendendo às exigências normativas de propriedades físicas e mecânicas;
- Avaliar as diversas granulometrias dos resíduos de açaí para indicar aplicações enquanto painéis particulados para forro ou recomendar outros usos;
- Avaliar o tipo de estrutura a ser usada na construção dos forros com painéis particulados produzidos com o resíduo do açaí; e
- Testar painéis particulados eco-alternativos com resíduos de açaí capazes de mitigar a “pegada de lixo” e atenuar o calor em habitações na Amazônia.

1.3. QUESTÕES NORTEADORAS

Considerando-se a geração de resíduos orgânicos de açaí no Amazonas, em consonância com a necessidade do setor da construção civil de novos materiais sustentáveis, e o padrão climático de Manaus, tem-se como pergunta problematizadora o seguinte: Compósitos de matriz polimérica bicomponente de mamona, com resíduo de caroço de açaí, podem servir como proposta de material *eco-friendly* gerando conforto térmico às edificações em clima quente? Também, nesta pesquisa questionou-se:

1. É possível usar na construção civil, eco-alternativas de reaproveitamento dos resíduos de mini-agroindústrias de açaí da Amazônia como matéria prima na produção de compósitos poliméricos usando-se resina bicomponente de mamona?
2. Placas produzidas com o caroço do açaí, e não somente com fibras do fruto, atendem as normativas de propriedades físicas de variação dimensional?
3. Partículas de caroço de açaí possuem maior estabilidade térmica quando combinadas com as fibras do fruto?
4. Propriedades mecânicas exigidas pelas normas vigentes são alcançadas pelas placas com partículas do resíduo do açaí?
5. Placas produzidas com resíduos de açaí e resina polimérica bicomponente de mamona conseguem atenuar calor?

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O AÇAÍ

2.1.1. A produção do açaí na Amazônia

O açaí possui duas principais espécies na Amazônia, a *Euterpe oleracea* Mart., predominante no Pará, e a *Euterpe precatória* Mart., predominante no Amazonas. O açaí do Pará é característico por apresentar vários estipes por planta (analogicamente, seria o caule da palmeira de açaí) e que na espécie *precatória* possui somente um estipe, sendo conhecido como “açaí solitário” ([IMAZON; SEBRAE, 2010](#)).

Segundo o [SEBRAE \(2015b\)](#), de toda a produção nacional, os estados do Pará e Amazonas destacam-se com 90% do total produzido, sendo que 60% destes são consumidos no Pará, 30% nos demais estados e 10% é exportado principalmente para os EUA e Japão. Além disso, considerando-se os 20 maiores municípios produtores, o maior deles é Codajás, município do Amazonas, sendo a maioria expressiva paraense, conforme a figura 1.

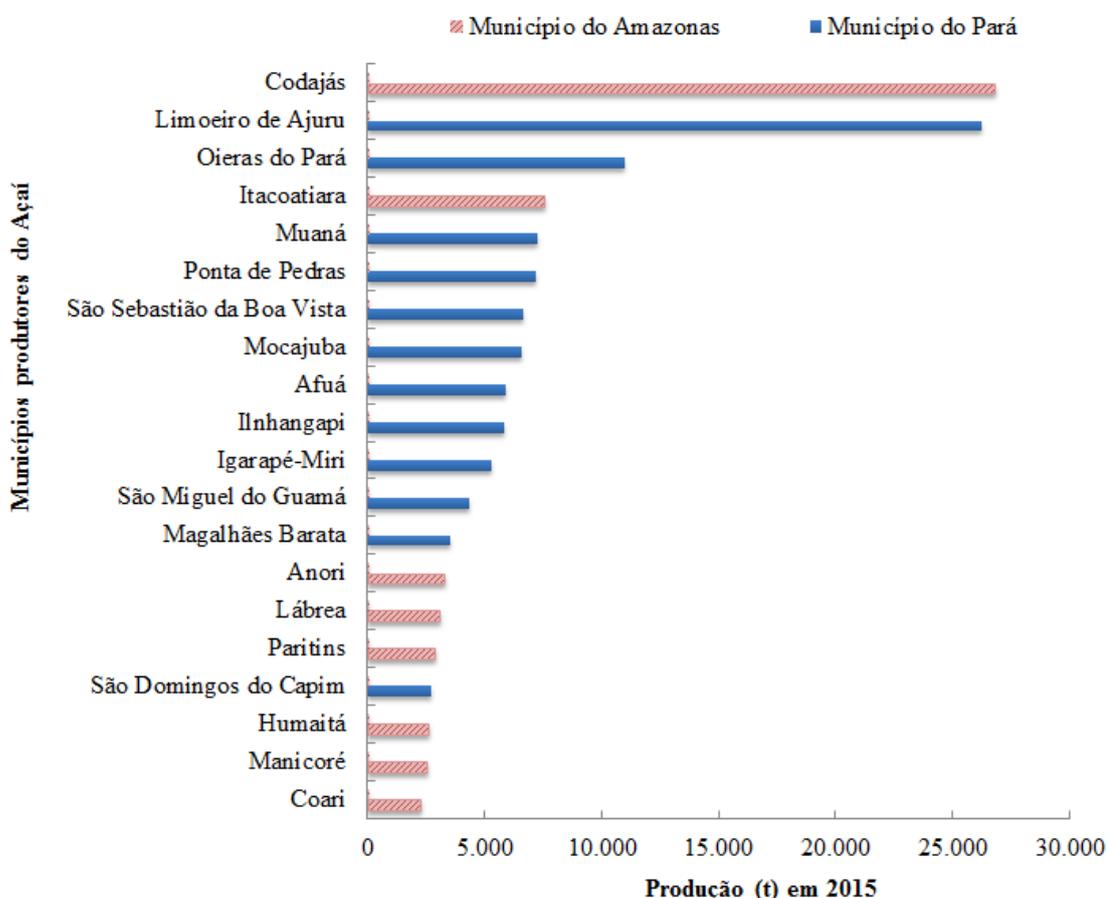


Figura 1 - Dados de produção de açaí nos 20 maiores produtores do fruto
FONTE: Dados do [IDAM \(2015\)](#).

Estes valores tendem a aumentar até o ano de 2024, em decorrência das pesquisas de melhoramento genético do açaí que vem sendo desenvolvidas pela Embrapa, buscando o aumento da escala de produção do açaí, principalmente no período da chamada entressafra, que vai de janeiro a julho e que corresponde a somente 20% da produção anual, como é o caso de recém lançado projeto Pró-Açaí ([EMBRAPA, 2016](#)).

Segundo [Aguilar e Mendonça \(2003\)](#), os caroços de açaí da espécie *Euterpe precatória* Mart., possuem diâmetro médio de 11,5 mm, e conforme [Pereira e Rodrigues \(2013\)](#), o caroço representa 80% do fruto que após o beneficiamento da polpa, transforma-se em resíduo orgânico comumente utilizado para queima em fornerias com baixo valor agregado. Considerando-se esse percentual e a produção de açaí em toneladas, somente entre 2012 e 2015, estima-se que o total de resíduo gerado foi de mais de 30 mil toneladas, conforme a tabela 1, representando um potencial uso para confecção de compósitos.

Total por ano	2012	2013	2014	2015	Total Geral
Tonelada	6105	9041	12631	13554	41331
80% (caroço)	4884	7233	10105	10843	33065

Tabela 1 - Estimativa de resíduo de açaí gerado entre 2012 e 2015
FONTE: Dados de produção [IDAM \(2015\)](#)

2.1.2. O potencial do açaí em compósitos para a construção civil

O açaí ultrapassou as barreiras de consumo alimentício enquanto polpa, possuindo derivações que atendem, por exemplo, o mercado norte americano entre bebidas alcoólicas, e energéticos. Outros setores de mercado tem utilizado o fruto como matéria prima para produção de cosméticos e fármacos, além do artesanato regional ([SEBRAE, 2015a](#)).

Todavia, ainda que de maneira incipiente, estudos de [Quirino \(2010\)](#) e [Mesquita \(2013\)](#) apontam a viabilidade da confecção de compósitos para a construção civil, utilizando-se as fibras do fruto, e atendendo em sua maioria, os requisitos estabelecidos pelas normativas que atestam as características físicas e mecânicas de painéis.

Contudo, considerando-se a grande representatividade do caroço (80%), esta pesquisa buscou aproveitar o máximo possível do resíduo gerado, em busca da redução da “pegada de lixo”. Daí não haver a pré-seleção de caroços de uma determinada espécie em detrimento de outra, visto que no material do resíduo, essa distinção é inviável.

O uso das partículas do resíduo de açaí na produção de compósitos para possível aplicação como forro, contribui para a redução dos impactos da construção civil em relação ao consumo de madeira, cujas 20 principais espécies mais usadas são originárias 100% da Amazônia ([IPT, 2013](#)). Segundo [Sobral et al. \(2002\)](#), estas são utilizadas principalmente em estruturas de cobertura (50%), fôrmas para concreto (33%), forros, pisos e esquadrias (13%) e casas pré-fabricadas (4%), representando uma significativa contribuição para ações de desflorestamento que não estejam vinculadas ao correto manejo florestal.

2.2. COMPÓSITOS

Assim como todos os materiais existentes, os compósitos surgiram para atender uma necessidade humana diante de seus desafios. No campo da construção civil, estudos apontam que o primeiro compósito pode ter sido aquele desenvolvido na idade antiga pelos egípcios, em seus papiros e embarcações. [Callister e Rethwisch \(2012\)](#) definem que os compósitos são formados por dois ou mais materiais, portanto multifásico, gerando um novo material que une as melhores propriedades daqueles que foram misturados, em uma ação combinada.

Todavia, esta combinação multifásica nada mais é que uma analogia a arranjos já existentes na natureza, a exemplo da madeira que é constituída por fibras de celulose, flexíveis e resistentes, unidas pela lignina que é uma espécie de resina mais rígida. Em outras palavras, as fibras da madeira são o reforço do compósito, e a lignina a matriz do mesmo, caracterizando de modo geral, a constituição de um compósito (reforço + matriz) ([CANEVAROLO JÚNIOR, 2006](#)).

Os compósitos são divididos em 3 tipos, sendo eles: reforçados com partículas; reforçados com fibras; e os estruturais ([CALLISTER; RETHWISCH, 2012](#)). Neste estudo será desenvolvido o do tipo reforçado com partículas devido ao uso de caroços de açaí. Esta categoria divide-se ainda em reforçados com partículas grandes, e reforçados com partículas por dispersão (Figura 2), sendo estudado nesse trabalho, o de partículas grandes.

A principal característica deste tipo de compósito refere-se ao movimento de transferência de tensões da matriz para as partículas. Vale ressaltar, que este aumento no comportamento mecânico do compósito depende de uma forte interação partícula-matriz ([CALLISTER; RETHWISCH, 2012](#)), e quanto menor as partículas com distribuição homogênea, o compósito tende a ser mais eficaz, com melhores propriedades mecânicas.

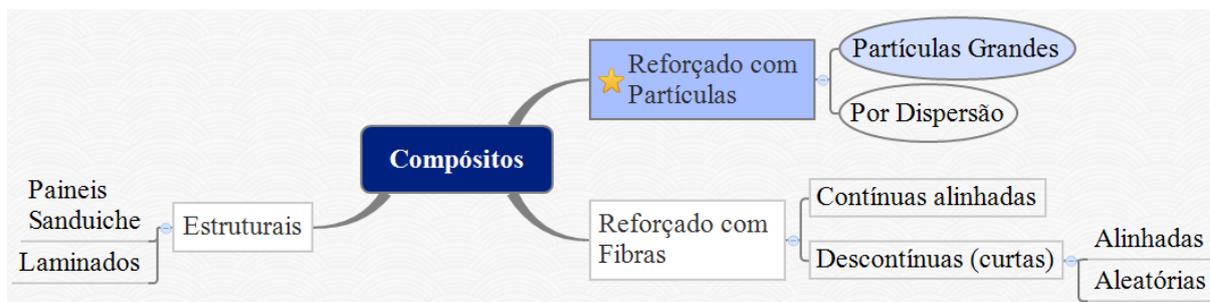


Figura 2 - Diagrama referente aos tipos de compósitos e suas subdivisões
 FONTE: Adaptado de [Callister e Rethwisch, 2012](#)

2.3. ADESIVOS - RESINAS

Para a produção de compósitos poliméricos utilizando as partículas de resíduo do açáí, faz-se necessária a utilização de um agente aglomerante. Dentre eles, destacam-se as resinas poliméricas, a exemplo da Ureia-formaldeído e a poliuretana, também chamadas de PU.

2.3.1. Ureia Formaldeído (UF)

O adesivo Ureiaformaldeído é o mais utilizado no mercado e sua origem é petroquímica, sendo comumente aplicado como ligante de particulados de madeira. Estudos apontam que a resina foi criada em 1930 e o principal fator de seu amplo uso refere-se ao baixo custo em relação às demais resinas sintéticas, conforme ressalta [Varanda \(2012\)](#).

A resina UF é um polímero termorrígido ou termofixo, portanto, possui trabalhabilidade enquanto sofre influência do aquecimento, gerando após o resfriamento uma estrutura irreversível ([SILVA, 2015](#)), daí seu grande uso como adesivo ou cola, em painéis particulados, mantendo as superfícies dos materiais que compõem os painéis, interligadas.

[Lima \(2012\)](#) reforça que como ponto negativo há liberação de formaldeído, substância tóxica ao ser humano, quando em contato com a umidade, sendo mais indicado em razão disso, como de uso em determinadas situações como componentes de placas “sanduíches”, ou seja, associadas a outros materiais ([IWAKIRI et al., 2012b](#)).

2.3.2. Resina Poliuretana bicomponente à base de mamona

Em meados da década de 80, século XX, o Instituto de Química da USP desenvolveu a resina polimérica à base de óleo de mamona. Seu maior diferencial está na matéria-prima parcialmente renovável, no que diz respeito ao uso da mamona, um produto natural. A resina

de mamona (*Ricinus communis*) é obtida de uma planta da família das Euforbiáceas, cuja maior concentração está no Nordeste brasileiro, com destaque para a Bahia, Ceará, assim como nas regiões de Minas Gerais ([CONAB, 2016](#)).

A resina é denominada bicomponente por ser formada por Polioliol e Pré-polímero ([CHIERICE, 1984](#)). O componente Polioliol é o derivado de óleos vegetais da mamona, com densidade média de $1,0 \text{ g.cm}^{-3}$, sendo solúvel em água. Já o Pré-polímero é um derivado de Isocianato, com coloração marrom e densidade de cerca de $1,24 \text{ g.cm}^{-3}$, conforme informações prestadas pela empresa Plural Química, fabricante da resina (Ver Anexo).

A característica que mais chama atenção na resina, além de sua composição parcialmente renovável, refere-se ao seu aspecto isolante, agindo como barreira térmica em estudos de subcobertura ([LOPES, 2009](#)) indicando um forte potencial de uso como matriz polimérica de compósitos cujo uso destina-se a forro, em estudo neste trabalho.

2.4. PAINÉIS DE PARTÍCULAS

Os painéis de partículas mais comumente encontrados na literatura são aqueles produzidos com madeira, principalmente os denominados Oriented Strand Board - OSB, Medium Density Fiberboard - MDF e Medium Density Particleboard - MDP. [Ferro et al. \(2015\)](#) produziu painéis OSB utilizando madeira de Paricá em conjunto com a resina Poliuretana de mamona, alcançando resultados mecânicos satisfatórios em atendimento à norma vigente, com mistura de 8% de resina.

[Silva et al. \(2013a\)](#) usou partículas de Eucalipto e percentual de resina de mamona também de 8%, atendendo aos parâmetros normativos da norma europeia (EuroMDFBoard) EMB/IS2:1995, em relação às propriedades físicas dos painéis, com exceção da absorção de água após 24 horas. A influência da pressão e da temperatura foi analisada por [Paes et al. \(2011\)](#), com a produção de placas com *Pinus elliottii* e 16% de resina de mamona. As melhores respostas em relação às características físicas das placas ocorreram quando confeccionadas sob uma pressão de 3 MPa e temperatura de 90 °C.

Na Amazônia, resíduos de processamento de madeiras Cumarurana, Cumaru e Amapá foram utilizadas para produção de painéis, variando os percentuais de resina entre 10%, 12,5% e 15%, sendo os resíduos, no caso, os particulados, o fator significativo com $p\text{Valor} < 0,05$ ([LIMA, 2012](#)). Outros tipos de partículas foram testados na produção de placas com

reaproveitamento de materiais, comumente descartados pela indústria agrícola, tais como bagaço da cana de açúcar ([FIORELLI et al., 2011](#)), casca de arroz ([ALONGE et al., 2014](#)) casca de amendoim ([BARBIRATO et al., 2014](#)) bem como o açaí ([QUIRINO, 2010; MESQUITA, 2015](#)).

2.5. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS EM MANAUS

Manaus localiza-se na Latitude $-03^{\circ} 06' 07''$ e Longitude $-60^{\circ} 01' 30''$, posicionada na chamada linha equatorial que compreende o intervalo de 5° Norte e 5° Sul de latitude e que recebe grande quantidade de incidência solar, pertencendo à Zona Bioclimática n^o8, caracterizando-se pelo clima quente e úmido ([ABNT 15220-3, 2003](#)).

A cidade apresenta temperaturas mínimas em torno de $23,3^{\circ}\text{C}$, com médias de $26,7^{\circ}\text{C}$ e máximas de $31,4^{\circ}\text{C}$, sendo o mês de agosto o mais quente com temperaturas máximas de $32,9^{\circ}\text{C}$. O período de maior precipitação pluvial e umidade relativa do ar ocorre entre dezembro e maio, com média de chuvas na ordem de 270 mm e 85% de umidade ([INMET, 2010](#)).

Em 2015, Manaus atingiu o recorde de temperatura em 90 anos, com máxima de $38,9^{\circ}\text{C}$ no dia 21 de setembro nos horários de 17 e 18 horas, e sensação térmica de $39,3^{\circ}\text{C}$ ([INMET, 2016](#)). Além do período climático seco, outros fenômenos de grande e meso escala contribuem para a variabilidade e intensificação das altas temperaturas, como no caso do El Niño ([MARTORANO et al., 1992](#)).

Diante deste padrão climático de altas temperaturas e umidade relativa do ar, as principais soluções a serem adotadas nas edificações localizadas em Manaus envolvem o sombreamento, ventilação, uso eficiente de ar condicionado e aplicação adequada de materiais opacos e translúcidos. Estes são responsáveis por absorver grande parte das cargas térmicas incidentes e as cargas envolvidas nas trocas térmicas como condução, radiação e convecção ([FROTA; SCHIFFER, 2003](#)).

Na aplicação de compósitos na forma de forros, a ventilação da camada de ar entre a cobertura e o próprio forro, denominado ático, é essencial para que as cargas de desconforto sejam retiradas com a ventilação cruzada, aproveitando a geometria da cobertura ou soluções de diferença de pressão para induzir a corrente de ar ([CUNHA, 2006](#)).

Cabe à arquitetura e à engenharia, dentro do desenvolvimento de projetos, garantir soluções projetuais que resultem em conforto térmico ao usuário, atendendo às premissas de garantia da ventilação cruzada e sombreamento, além do uso energeticamente eficiente de condicionadores de ar, incluindo ainda o atendimento à correta especificação de materiais apropriados às condições da zona de conforto da região ([KEELER; BURKER, 2010](#)).

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS

Os materiais usados para a produção dos compósitos (ou placas) foram o resíduo de caroço de açaí e a resina polimérica bicomponente de mamona. A resina bicomponente foi obtida por meio de doação da empresa Plural Química de São Carlos/SP, Lecopol F 0911 – Componente derivado vegetal da mamona, e Lecopol E0921 – Componente Isocianato aromático para obtenção de resina de poliuretano (Ver Anexo), e a coleta dos caroços de açaí foi realizada em feiras livres de Manaus.

Posteriormente, houve uma pré-secagem onde os caroços foram expostos ao sol, para retirada natural da água em excesso contida nos sacos, bem como da própria umidade dos caroços (Figura 3a). Esse processo inicial durou cerca de 8 horas e em seguida realizou-se um pré-peneiramento dos caroços objetivando a retirada de sedimentos e impurezas, tais como talos e folhas (Figura 3b).



Figura 3 – Açaí coletado: a) Secagem do açaí ao sol; b) Presença de impurezas no material

3.2 MÉTODOS

O trabalho foi conduzido a partir de um delineamento experimental com ponto central ($2^2 + 1$). Este tipo de delineamento se dá com tréplica no ponto central, gerando uma estimativa interna do erro puro e dos pontos axiais, ou também chamados de pontos estrela, que definem a área a ser investigada ([BARROS-NETO et al., 2001](#)), conforme a figura 4.

Os dois fatores estudados no delineamento foram: Granulometria (*Tyler*) e Quantidade de Resina (%). As granulometrias e suas respectivas combinações com a quantidade de resina estão descritas conforme a tabela 2. A partir do delineamento traçado, as atividades de

planejamento das ações seguiram 5 etapas, conforme ilustrado no diagrama metodológico da figura 5.

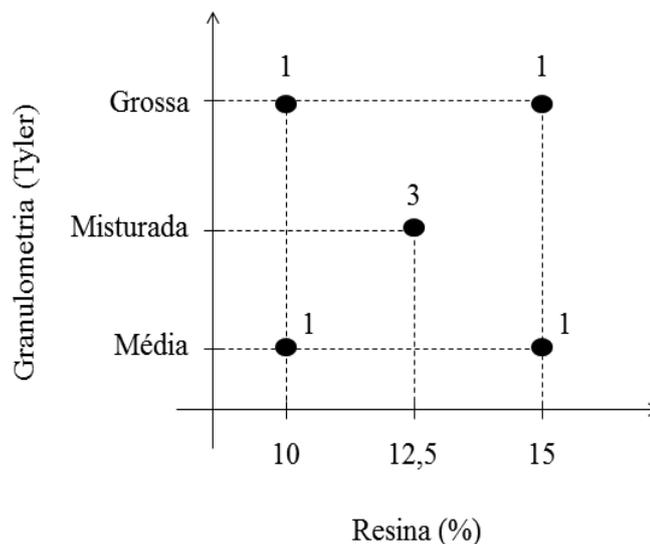


Figura 4 - Desenho esquemático do delineamento experimental com ponto central (2^2+1)

Tipo de Placa	Sigla	Granulometria (Tyler)	Abertura (mm)	Quantidade de resina (%)	Nomenclatura adotada
Grossa	G	8 e 14	2,38 e 1,19	15	G 15
				10	G 10
Misturada	Mi	8, 14, 48, 100 e 200	2,38; 1,19; 0,297; 0,149 e 0,075	12,5	Mi_12,5 1
					Mi_12,5 2
					Mi_12,5 3
Média	Md	48	0,297	15	Md 15
				10	Md 10

Tabela 2 - Identificação do tipo de placa de acordo com granulometria e quantidade de resina

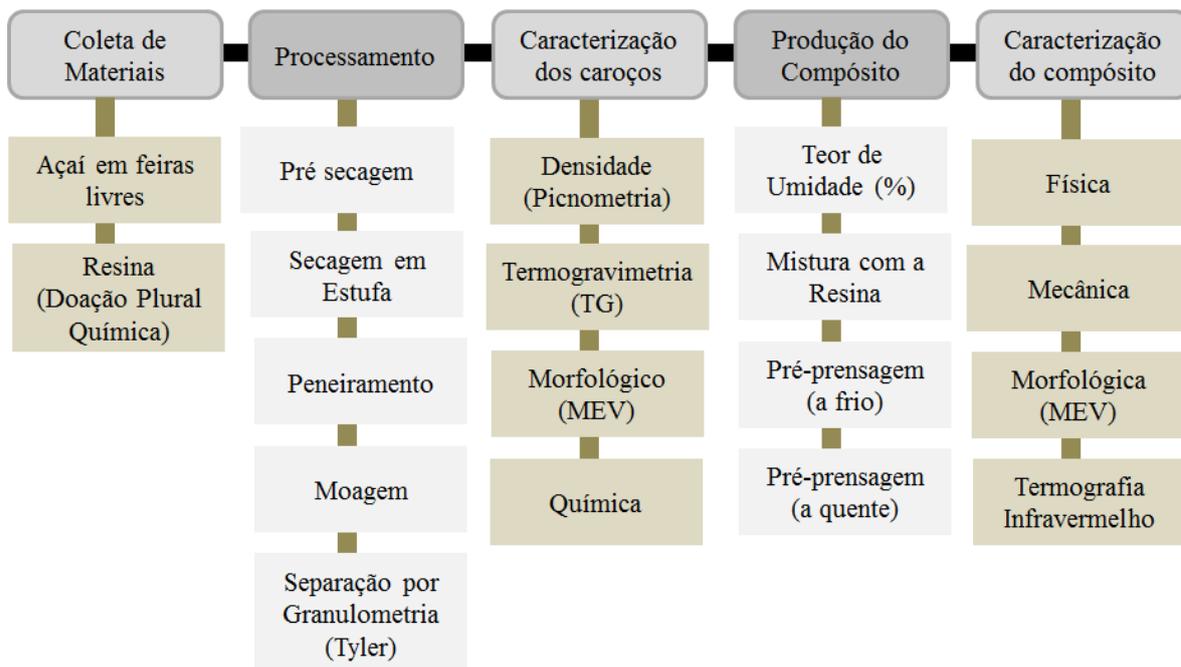


Figura 5 - Diagrama metodológico para desenvolvimento da pesquisa

3.2.1. Processamento

Após a coleta, pré-secagem e limpeza preliminar, os caroços de açaí foram levados à estufa, com temperatura de 100 °C, durante 24 horas ([LEÃO, 2011](#)), para a perda de umidade e do poder germinativo ([MORAES et al., 2012](#)). Após a retirada do material da estufa, um novo peneiramento foi realizado, visto que ainda existiam impurezas no material. Posteriormente os caroços foram inseridos no moinho de facas (Marconi) (Figura 6a), com uma massa aproximada de 300 g (Figura 6b) para evitar o travamento das facas, e melhor trituração do material (Figura 6c). Após a trituração, o material particulado foi reservado para separação de granulometria através de jogo de peneiras.

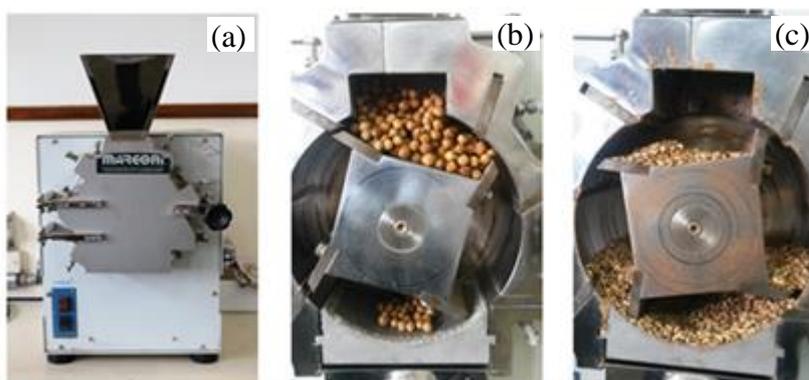


Figura 6 - Processo de moagem dos caroços de açaí no Moinho de Facas: a) Visão geral; b) Material no equipamento; c) Material moído.

3.2.2. Caracterização dos caroços

Para a caracterização dos caroços de açaí, realizou-se os ensaios de densidade por picnometria, análise termogravimétrica, teor de umidade, microscopias ótica e eletrônica de varredura (MEV) e ensaios químicos.

A densidade por Picnometria a gás Hélio foi feita no laboratório de caracterização da COPPE/UFRJ, com o equipamento picnômetro (Micromeritics), onde as medidas foram realizadas de 3 a 5 ciclos de entrada e saída de gás Hélio, penetrando nos poros das amostras para preencher os seus vazios, determinando a densidade real do material, em cada um dos 5 tipos de granulometria do caroço de açaí: 8, 14, 48, 100 e 200 *Tyler* (Figura 7).

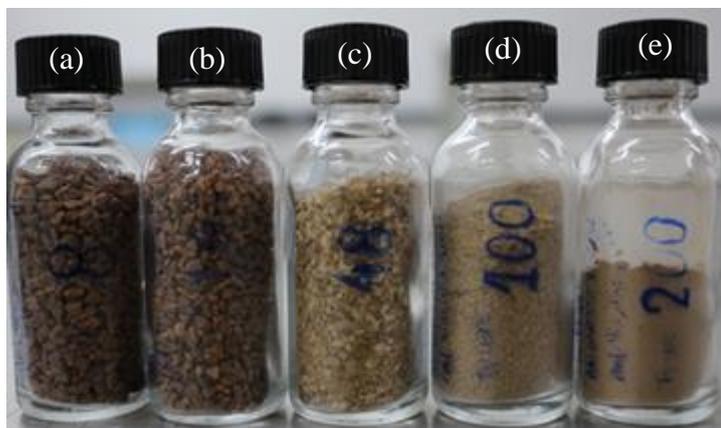


Figura 7 - Partículas de caroços de açaí usadas no ensaio de densidade por Picnometria a gás Hélio nas granulometrias: a) 8 *Tyler*; b) 14 *Tyler*; c) 48 *Tyler*; d) 100 *Tyler*; e) 200 *Tyler*

O ensaio de Termogravimetria (TG) teve como objetivo observar a degradação dos caroços por meio da temperatura. Foi utilizado o equipamento Shimadzu, modelo SDQ 600. Dois porta-amostras de alumínio foram usados sendo um deles o “branco” que serviu como parâmetro para verificação de interferências na amostra, e o segundo recebeu a amostra.

As medidas foram realizadas a uma taxa de aquecimento de 10 °C/min até 1000 °C, em atmosfera de Nitrogênio e a quantidade de material foi de 10mg. Vale ressaltar que para obter melhores resultados, a granulometria de partícula usada no ensaio foi a de 200 *Tyler*, pois com as partículas menores detecta-se melhor a separação de reações sobrepostas, ocasionando uma melhor extensão da decomposição ([CANEVAROLO, 2006](#); [MOTHÉ; AZEVEDO, 2009](#)).

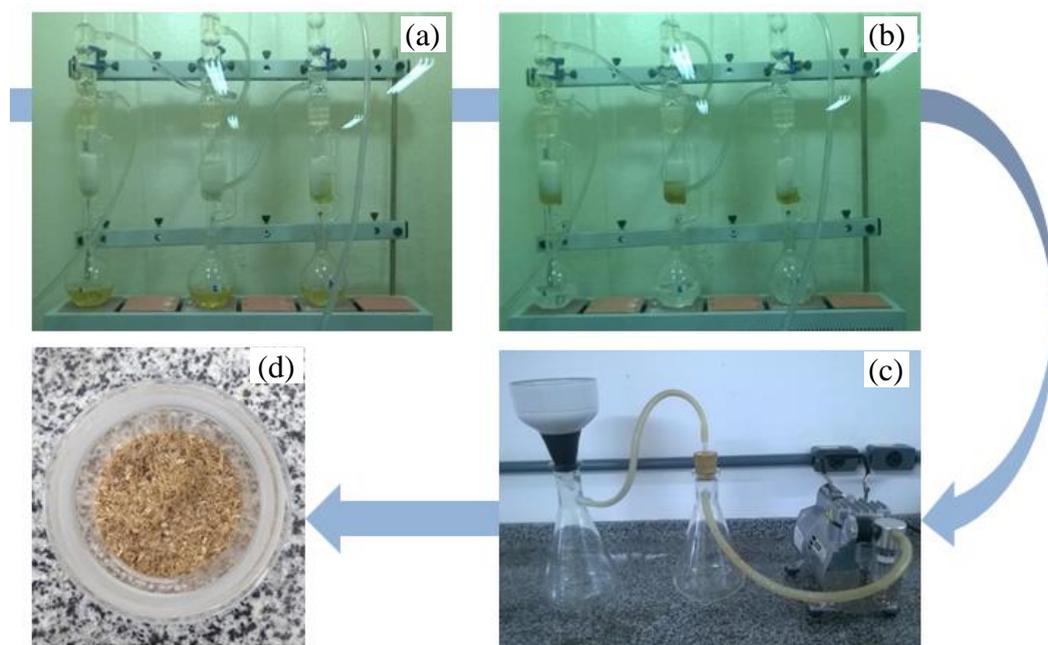


Figura 9 - Etapas do ensaio químico de teor de extrativos: a) Extração utilizando etanol/tolueno 1:2; b) Continuação da extração em etanol; c) Filtragem através de funil de Büchner; d) Amostra livre de extrativos

O ensaio de teor de Lignina foi baseado na norma TAPPI T 222 ([TAPPI, 2002](#)), onde utilizou-se 1g de fibras secas e sem extrativos, que foi adicionada à 5 ml de ácido sulfúrico a 72%, em um balão por 24 horas (Figura 10a). Posteriormente a amostra recebeu 560 ml de água destilada (Figura 10b), e foi inserida num sistema de refluxo por 4 horas (Figura 10c). Ao final deste período, filtrou-se a amostra em um funil de vidro e a mesma seguiu para a estufa a 105 ± 3 °C até se obter massa constante (Figura 10d).

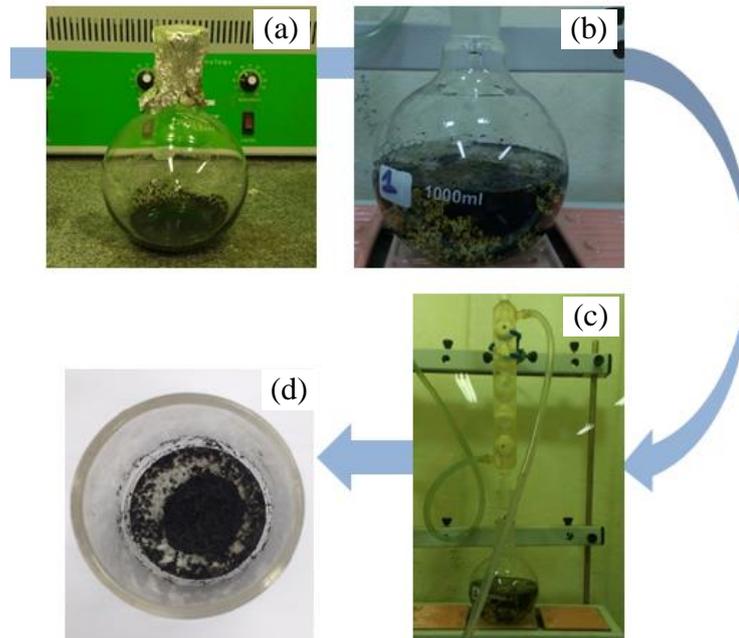


Figura 10 - Etapas do ensaio químico de teor de lignina: a) Sistema com 1g de amostra em 5 ml de ácido sulfúrico; b) Sistema com 560ml de água; c) Sistema em refluxo; d) Lignina

A determinação do teor de celulose foi baseada em [Leão \(2008\)](#), onde 1g de partículas de açaí livre de extrativos foi adicionado a 25 ml de solução de ácido nítrico-ácido acético e levado a refluxo por 25 minutos a 120 °C (Figura 11a), em seguida houve a filtração e lavagem da amostra com 500 ml de água quente e 25 ml de etanol, (Figura 11b), encerrando-se o processo com a secagem em estufa até se obter massa constante (Figura 11c).

O teor de Cinzas foi baseado na norma TAPPI T 211 ([TAPPI, 2002](#)), onde se colocou 1g de partículas de Açaí em um cadinho de porcelana (Figura 12a) levando-o para o forno Mufla por 60 minutos a 525 ± 25 °C (Figura 12b), após a retirada e estabilização à temperatura ambiente (Figura 12c) as amostras foram transferidas para um dessecador.

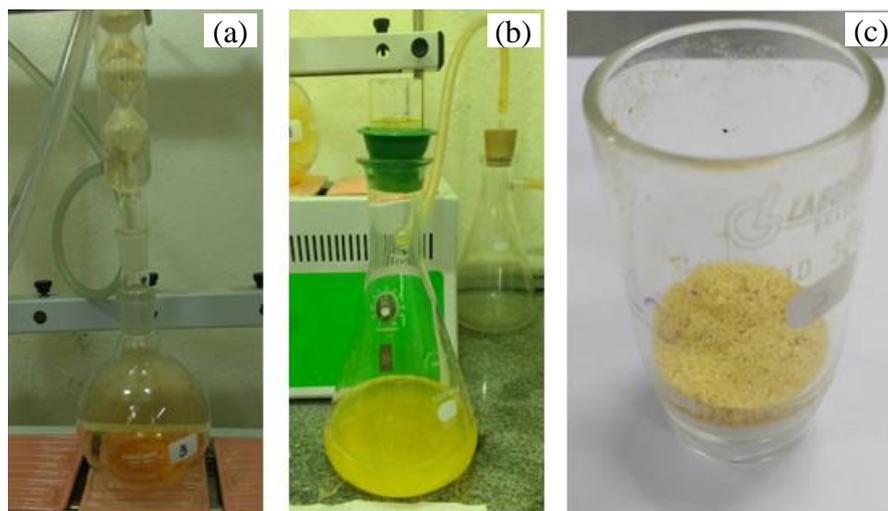


Figura 11 - Etapas do ensaio químico de celulose: a) Sistema em refluxo; b) Filtragem; c) Celulose



Figura 12 - Etapas do ensaio de teor de cinzas: a) 1 g de partícula de amostra de resíduo de açai; b) Amostra no forno Mufla; c) Cinzas

Para verificar-se a estabilidade térmica das partículas do resíduo de açai, bem como a sua variação de massa em função da temperatura, realizou-se no laboratório de caracterização da COPPE/UFRJ, a caracterização térmica por meio da análise termogravimétrica (TGA) e sua derivada (DTG), com o equipamento Q600 SDT (TA Instruments), rampa de aquecimento de $10\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$, temperatura entre 25 e $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ em atmosfera inerte com Nitrogênio, e para o tratamento de dados utilizou-se o programa Universal Analysis.

Com o intuito de avaliar as propriedades térmicas dos compósitos, a termografia infravermelha apresenta-se como uma ferramenta promissora, uma vez que não é destrutiva e possibilita a determinação de temperaturas superficiais dos painéis, quantificando as variações térmicas de acordo com as condições ambientais ([ALTOÉ; OLIVEIRA FILHO, 2012](#); [BARNABÉ et al., 2014](#)).

3.2.3. Produção dos Compósitos

3.2.3.1. Procedimentos antes da produção dos compósitos

Para a produção dos compósitos, primeiramente calculou-se a massa necessária para uma placa de média densidade, buscando-se alcançar um valor entre 0,59 e 0,80 g.cm⁻³ ([ABNT 14810-1, 2013](#); [QUIRINO, 2010](#)), aplicando-se a equação (1).

$$d = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Onde,

d = densidade (g.cm⁻³);

m = massa (g); e

v = volume (cm³).

Quanto à Resina de Mamona, constituída de polioliol e pré-polímero, utilizou-se o percentual amplamente encontrado na literatura, entre 10 e 15% ([FIORELLI et al., 2011](#), [SILVA et al., 2013b](#), [LIMA et al., 2014](#), [FERRO et al., 2015](#)). Considerando-se que o molde de madeira para produção de placas possuía dimensões de 28 x 28 cm e que a altura da placa é de 1 cm, obteve-se a seguinte quantidade de massa (Equação 2).

$$d = \frac{m}{v} \rightarrow 0,8 = \frac{m}{(28 \times 28 \times 1)} \rightarrow m = 627,2 \rightarrow 630 \text{ g} \quad (2)$$

Portanto, cada placa foi composta por 630g de resíduo de caroço de açaí. Para as placas com 10% de resina, foram utilizados 63g de resina, divididas na proporção 1:1 entre o polioliol e o pré-polímero; para 12,5%, com 78,8g de resina, divididas igualmente conforme dito anteriormente, e o mesmo para 15% de resina, onde foram usados 94,5g de resina (Tabela 3).

Vale ressaltar que, para o cálculo de produção da placa Grossa, observou-se o percentual de rendimento de partículas para 1000g, ou seja, após a moagem e peneiramento de 1000g de caroço, cada granulometria (*Tyler*) obteve um rendimento, conforme a tabela 4.

Resina (%)	Resina (g)	Poliol (%)	Pré-Polímero (%)
10	63	31,5	31,5
12,5	78,8	39,4	39,4
15	94,5	47,3	47,3

Tabela 3 - Quantidade de Resina de acordo com o % utilizado nos compósitos com 630g

Pondera-se que, com exceção da Placa Média (Md) que possui somente 1 tipo de granulometria (Tyler 48), para as placas Grossa e Misturada, calculou-se ainda, as proporções de massa por granulometria de suas respectivas composições.

Granulometria (Tyler)	Percentual Retido (%)
8	37
14	42
48	15
100	5
200	1

Tabela 4 - Percentual retido por granulometria, considerando-se a moagem de 1000g de caroço de açaí

No caso da placa Grossa, formada por 2 tipos de Tyler (8 e 14), tem-se o somatório percentual de rendimento de 37% mais 42%, conforme a tabela anterior, totalizando 79%. Logo, aplicando uma regra de 3 simples, para a placa Grossa o valor total (100%) equivale a 79%, podendo-se então calcular a massa das partes que compõem a placa (Equação 3).

Tyler 8:

$$\begin{array}{l} 79\% \text{ ----- } 100\% \\ 37\% \text{ ----- } X \end{array}$$

$$X = 46,83\%$$

$$0,4683 \times 630\text{g} = \underline{295,02\text{g}}$$

Tyler 14:

$$\begin{array}{l} 79\% \text{ ----- } 100\% \\ 42\% \text{ ----- } Y \end{array}$$

$$Y = 53,16\%$$

$$0,5316 \times 630\text{g} = \underline{334,90\text{g}}$$

$$\Sigma = 295,02 + 334,90 \cong \mathbf{630\text{g}}$$

Dessa forma, a partir do delineamento experimental estabelecido, as placas foram calculadas conforme a tabela 5.

Partículas			Resina		
Tipo de Placa	Granulometria (Tyler)	Massa (g)	Percentual (%)	Poliol (g)	Pré-polímero (g)
Grossa	8	295	10	31,5	31,5
	14	334,9	15	47,3	47,3
Média	48	630	10	31,5	31,5
			15	47,3	47,3
Misturada	8	233			
	14	265			
	48	94,5	12,5	39,4	39,4
	100	31,5			
	200	6,3			

Tabela 5 - Quantidade de partículas e de resina para a produção das placas

3.2.3.2. Produção das placas

A produção das placas foi realizada no Laboratório de Ensaio de Materiais (LEM) da Faculdade de Tecnologia - UFAM, seguindo os pressupostos de [Quirino \(2010\)](#), [Fiorelli et al. \(2011\)](#), [Lima \(2012\)](#), [Silva et al. \(2013b\)](#), [Vasconcelos et al. \(2015\)](#).

Primeiramente, realizou-se a organização de todos os materiais necessários para fazer a placa, conforme a figura 13. Em seguida realizou-se a pesagem das resinas na balança K600 (Gehaka), com precisão de 0,001g, e separação junto com as partículas (Figura 14a), seguido da sua mistura com a amostra de caroço de açaí (Figura 14b e 14c).

Após a mistura (resina + resíduos) a amostra foi pré-prensada, utilizando a prensa hidráulica MPH-30 (Marcon), com peso de 1 tonelada, por 5 minutos. Em seguida a placa seguiu para a prensa quente, PHH 100 T (Hidral-mac), com temperatura em torno de 100 °C, prensagem por 10 minutos e pressão de 15 MPa. Após a prensagem, a placa, foi acondicionada em temperatura ambiente por um período de 48 a 72 horas, com o objetivo de cura do material polimérico (Figura 15).



Em que:

- 1 – Material antiaderente (papel alumínio);
- 2 – Barras de ferro;
- 3 – Polioli;
- 4 – Pré-polímero;
- 5 – Molde 28 x 28 cm;
- 6 – Amostras;
- 7 – Recipiente para mistura.

Figura 13 - Materiais necessários para a confecção da Placa



Figura 14 – Etapa inicial da produção de painéis particulados: a) Separação da resina e das partículas; b) Mistura do pré-polímero com as partículas de caroço de açaí; c) Mistura do polioli com as partículas de caroço de açaí

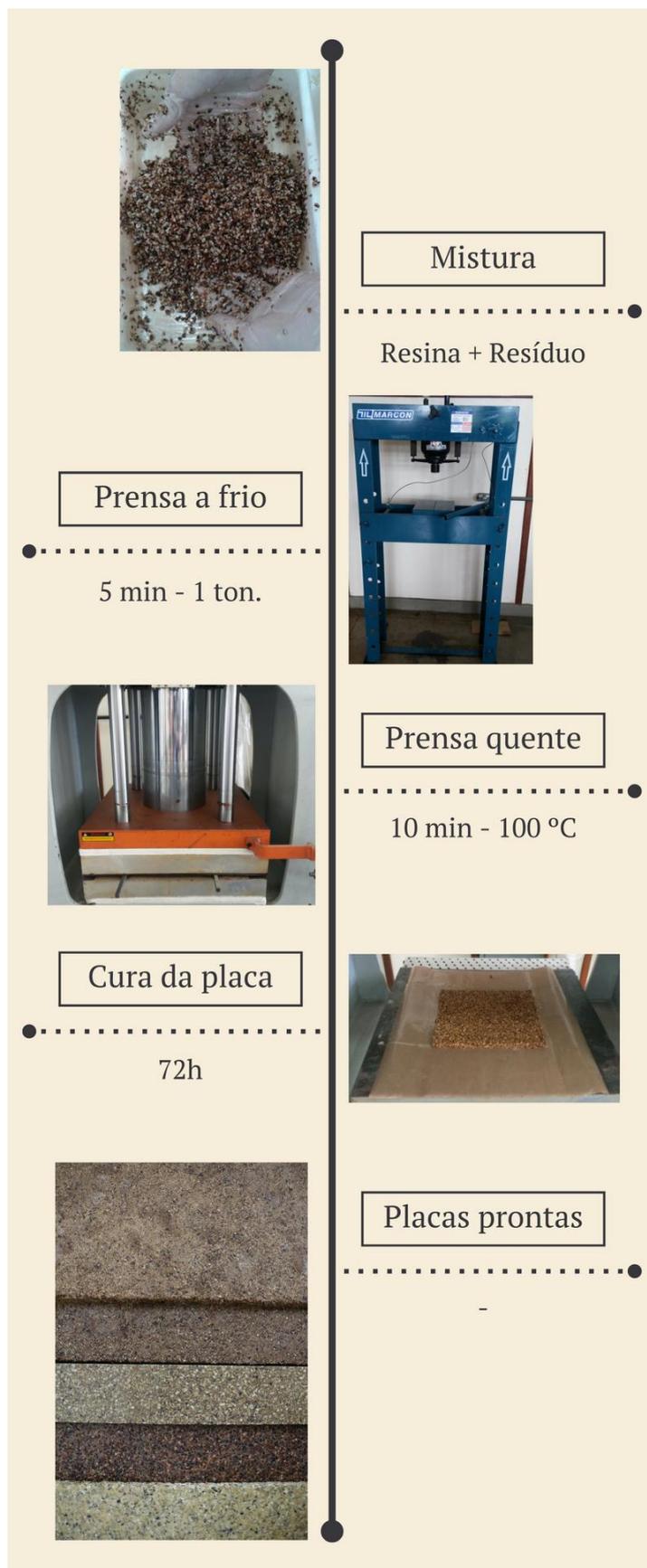


Figura 15 - Etapas de processamento das placas

3.2.4. Caracterização dos Compósitos

3.2.4.1. Ensaio de Inchamento

O ensaio foi realizado nos 5 tipos de placa, considerando-se que a placa misturada trata-se de uma tréplica, portanto, 7 tipos de amostras (G15, G10, Mi1, Mi2, Mi3, Md15 e Md10). A norma adotada para este ensaio foi a NBR 14810-3 ([ABNT, 2002](#)), com 10 corpos de prova de 250 x 250 mm, por cada tipo de placa, totalizando 70 corpos de prova ensaiados.

Esta norma foi adotada visando observar o comportamento da variação dimensional das amostras em 2 e 24 horas. Para verificação de inchamento, os corpos de prova foram medidos em seu centro com um micrômetro de precisão 0,001mm (Mitutoyo) (Figura 16).



Figura 16 - Medição dos corpos de prova com micrômetro, para ensaio de inchamento

Após as medições, os corpos de prova foram imersos em um recipiente com água destilada, considerando-se uma linha d'água a cima da face dos corpos de prova, com espessura de 250 mm, conforme a norma prescreve. Isto foi possível por meio da utilização de uma espécie de gradil, mantendo os corpos de prova submersos (Figura 17).



Figura 17 - Imersão dos corpos de prova em água destilada, para ensaio de inchamento

Após 2 horas de imersão, os corpos de prova foram retirados da água, colocados sobre uma superfície absorvente, para que o excesso de água fosse absorvido pelo papel. Em seguida, fez-se uma nova tomada das medidas centrais de cada corpo, retornando-os para a água e repetindo o processo após 22 horas, completando 24 horas de ensaio. O cálculo final de inchamento foi realizado usando a equação 4.

$$\text{Inchamento da espessura (I)} = \frac{E_1 - E_0}{E_0} * 100 \quad (4)$$

Onde:

I = inchamento da espessura (%);

E0 = Espessura do corpo de prova antes da imersão (mm)

E1 = Espessura do corpo de prova após 2 e 22 horas (mm).

3.2.4.2. Ensaio de Absorção

O processo para análise da absorção é similar ao de inchamento, substituindo-se a medição no micrômetro digital, pela pesagem em uma balança de precisão de 0,0001g, AG220S (Gehaka). Os corpos de prova foram pesados antes de serem imersos em água, após 2 horas, e após 22 horas, concluindo 24 horas de ensaio. A norma NBR 14810-3 ([ABNT, 2002](#)) não apresenta parâmetros normativos para absorção, cabendo a análise dos resultados em termos de comparação com a literatura disponível.

O cálculo final de absorção foi realizado usando a equação 5.

$$\text{Inchamento da espessura (A)} = \frac{M_1 - M_0}{M_0} * 100 \quad (5)$$

Onde:

A = Absorção de água (%);

M0 = Massa do corpo de prova antes da imersão (mm)

M1 = Massa do corpo de prova após 2 e 22 horas (mm).

3.2.4.3. Densidade aparente

A densidade aparente das placas foi calculada conforme as diretrizes da norma [NBR 14810-2 \(ABNT, 2013\)](#) com a medição de espessura e massa em 10 corpos de prova de 50 x 50 mm, de cada tipo de placa, totalizando 70 corpos de prova ensaiados.

Os valores de densidade têm como parâmetro as condições estabelecidas pela NBR 15316-2 ([ABNT, 2015](#)), onde placas com espessura entre 9 e 12 mm, e densidade de 0,55 a 0,65 g.cm⁻³ são classificadas como de baixa densidade; aquelas com densidade entre 0,65 a 0,8 g.cm⁻³ são de média densidade; e aquelas a cima de 0,8 g.cm⁻³ são de alta densidade.

3.2.4.4. Análise de Microscopia Ótica – MO

Nesta análise utilizou-se um microscópio SZ61 (Olympus) (Figura 18), no laboratório da UFAM, onde se observou a disposição da resina e do caroço de açaí quando misturados, permitindo uma visualização prévia da interação entre os componentes das placas.



Figura 18 - Microscópio usado nas análises óticas dos compósitos

3.2.4.5. Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV

As análises de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foram realizadas utilizando-se o equipamento TM 3000 (Hitachi), no laboratório da COPPE na UFRJ. De cada tipo de compósito foi retirado uma amostra de 10 x 10 mm, imersa em resina poliéster por 24 horas e posteriormente polidas no equipamento politriz (Figura 19a), na sequência de lixas 60, 80, 120, 240, 360, 400, 600, 1500 e 2000 (Figura 19b). O objetivo deste processamento e do ensaio foi avaliar a interação entre as partículas, fibras, e a resina de mamona, verificando-se situações de adesão de acordo com a tipologia de placa.

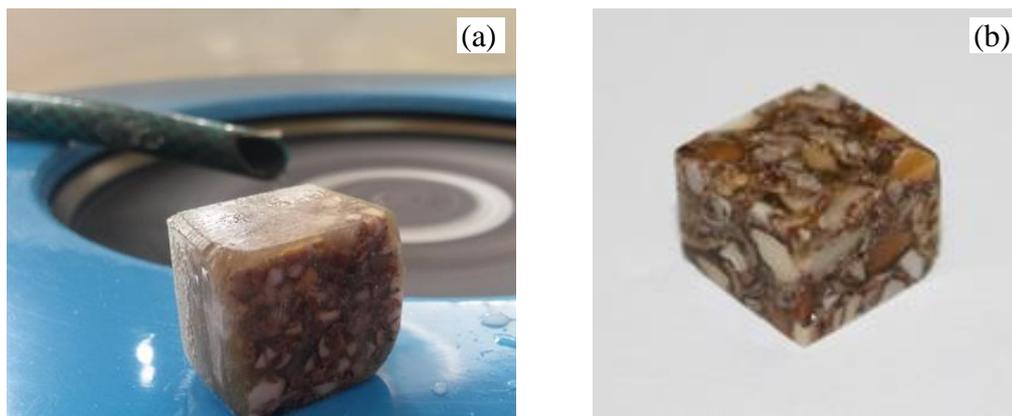


Figura 19 - Preparação da amostra para o ensaio de MEV: a) Polimento na Politriz; b) Amostra polida

A microscopia eletrônica de varredura foi realizada no laboratório de caracterização da COPPE – UFRJ, utilizando-se um MEV de bancada, especificação TM 3000 (Hitachi) (Figura 20a) e as amostras das partículas (Figura 20b) e dos compósitos (Figura 20c) foram alocadas no porta amostra, seguros por uma fita adesiva de dupla face.

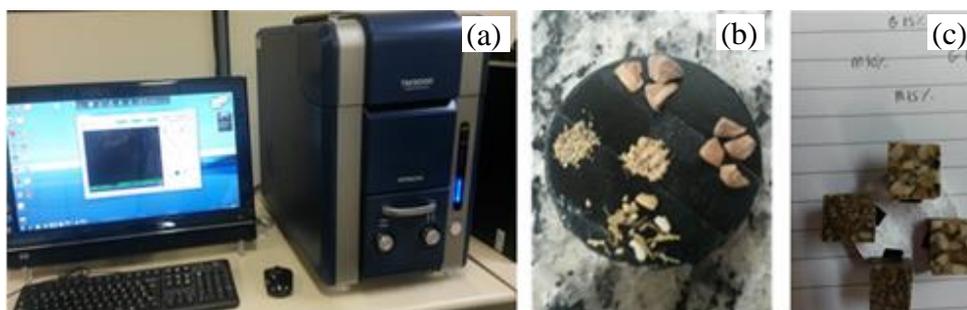


Figura 20 - MEV de bancada e alocação das amostras dos compósitos e do caroço triturado

3.2.4.6. Arrancamento de Parafuso Topo e Superfície

O ensaio foi realizado no Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeiras – LAMEM, em São Carlos/SP, e o parâmetro normativo seguido foi a NBR 14810-2 ([ABNT, 2013](#)) englobando a análise de arranque do topo e da superfície. Foram ensaiados 140 corpos de prova de dimensões 50 x 50 mm, sendo 10 de cada tipo de placa, e 70 para arrancamento de topo e 70 para superfície. Os corpos de prova foram furados com o equipamento Fundemaq, e ensaiados em uma MTM (Amsler) (Figura 21).



Figura 21 - Equipamentos e corpos de prova do ensaio de arrancamento de parafuso

3.2.4.7. Tração perpendicular ou Adesão Interna

O ensaio também foi realizado no LAMEM, onde foram seguidos os parâmetros da NBR 14810-2 ([ABNT, 2013](#)) e o mesmo número e dimensões de corpo de prova do ensaio de arrancamento de parafuso. O processo iniciou-se com a colagem dos corpos de prova no porta-amostra (Figura 22a e b) com uso de cola Araldite, respeitando-se o tempo de cura médio de 48 horas, para enfim realizar o ensaio.

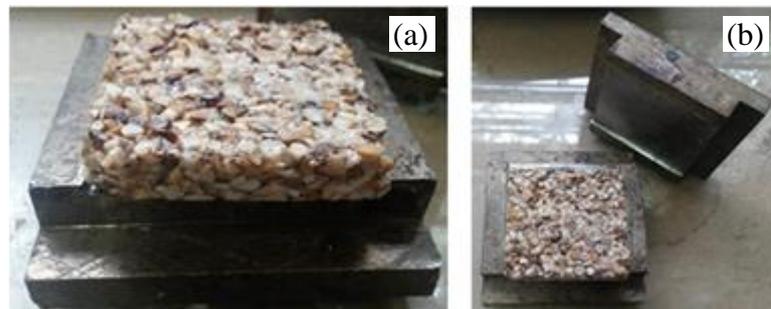


Figura 22 - Preparação do ensaio de Tração Perpendicular: a) Colagem com araldite; b) Porta amostra do ensaio

A máquina usada no ensaio foi a AMSLER, com velocidade aplicada de $4 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, semelhante àquela empregada por [Lima \(2012\)](#). Para o cálculo da tração perpendicular, aplicou-se a equação 6.

$$\text{Tração Perpendicular (TP)} = \frac{P}{S} \quad (6)$$

Onde:

TP = Tração Perpendicular;

P = Carga de ruptura (N);

S = Área da superfície do corpo de prova (mm²).

3.2.4.8. Termografia Infravermelho (Infrared - IR)

O ensaio de termografia infravermelho foi realizado para se obter o mapeamento térmico das temperaturas superficiais dos compósitos, à semelhança de [Barnabé et al. \(2014\)](#) e da metodologia de leitura de dados de [Barros et al. \(2015\)](#).

As placas analisadas possuíam dimensões de 250 x 50 mm, e 10 mm de espessura, e o experimento seguiu um delineamento em blocos casualizados, onde foram montados 5 blocos. Vale ressaltar que além das 7 placas produzidas a partir do delineamento experimental, também analisou-se uma placa composta totalmente por resina de mamona.

Cada bloco seguiu uma organização de amostras construídas a partir de sorteio para garantir a aleatoriedade. Foram realizadas 20 tomadas fotográficas por bloco, em 3 momentos do dia: meio da manhã, às 9 horas, meio do dia, às 12 horas, e no meio da tarde, às 15 horas, entre os dias 22 de outubro e 6 de novembro, totalizando cerca de 2 mil fotos.

As fotos foram produzidas com a máquina T650 (Flir) (Figura 23a e b) e posteriormente tratadas no software Flir Tools, versão 5.1.15036.1001. Para cada imagem, delimitou-se um polígono seguindo os contornos de todas as placas individualmente, para verificar-se o valor das temperaturas, montando-se assim uma base de dados com todas as maiores temperaturas registrada em cada compósito, de cada um dos blocos, de todo o ensaio. Os dados gerados foram organizados em planilhas Excel, analisando-se respostas térmicas de temperatura superficial mínima, média e máxima, bem como a amplitude térmica.

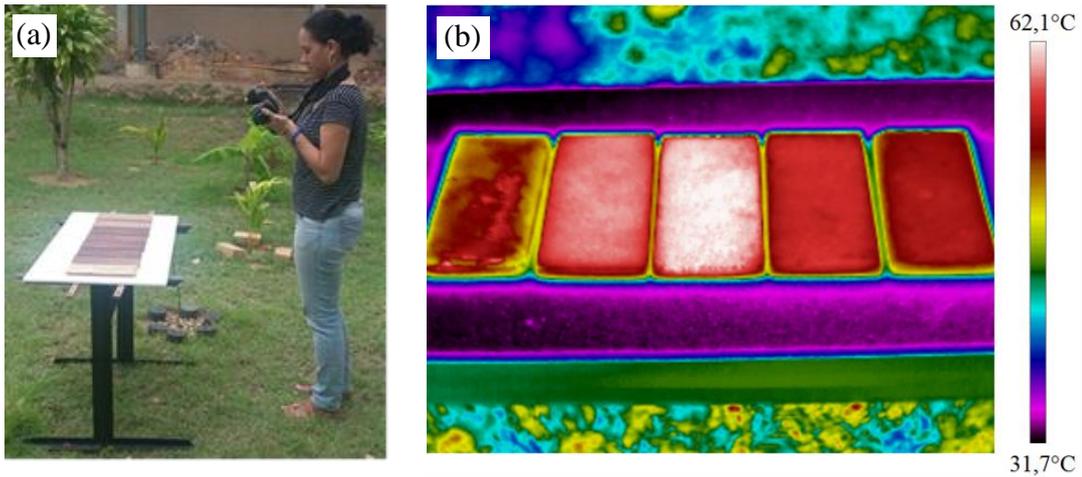


Figura 23 – Imagens de ensaios termográficos: a) painéis particulados expostos à incidência solar direta; b) Imagem termográfica infravermelho dos painéis particulados

Os dados de temperatura do ar, instantânea, mínima e máxima, foram extraídos da base de dados da estação automática do INMET, localizada a cerca de 4,5 Km (Figura 24) do local de ensaio, na UFAM.

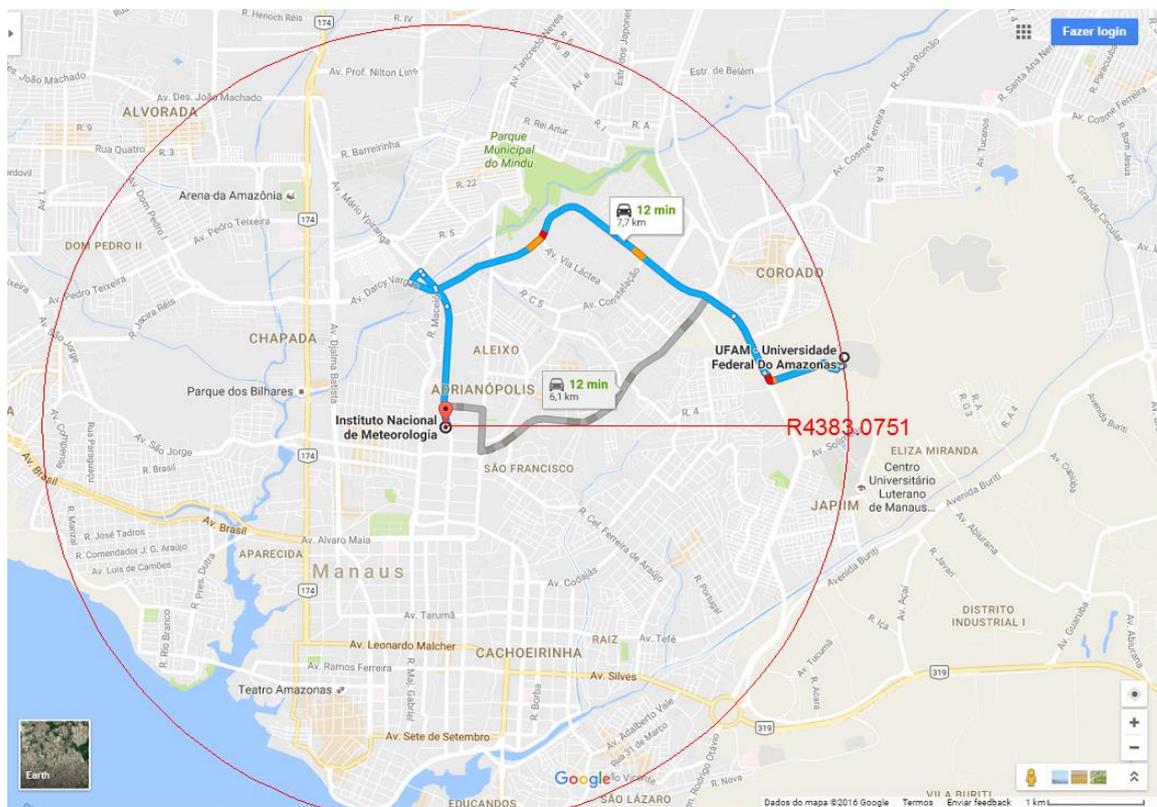


Figura 24 - Localização do INMET em relação à UFAM
 FONTE: Imagem do Google Maps

3.2.5. Análise estatística

A análise estatística foi realizada em termos de análise de variância (ANOVA) com o auxílio do software Statistica versão 7. O nível de significância aplicado foi de 5%, sendo a Hipótese Nula (Ho) a influência da granulometria e a Hipótese alternativa (H1) a não influência da granulometria nos resultados. Para p-Valor superior ao nível de significância, aceita-se a influência da granulometria, e caso contrário, rejeita-se a hipótese.

Visando a melhor interpretação dos resultados, foram construídos gráficos de superfície para análise em paralelo à tabela da Anova. Atentou-se ainda para o valor de “R²” para análise da correlação dos fatores, que conceitualmente, quando mais próximo de 1, maior é a correlação entre eles ([BARROS-NETO et al., 2001](#)).

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS PARTÍCULAS DO RESÍDUO DE AÇAÍ

4.1.1. Densidade (massa específica) das partículas

Na tabela 6 nota-se os valores de densidade das partículas de açaí, em suas respectivas granulometrias. A densidade das partículas, bem como sua composição, influencia nas propriedades físicas e mecânicas das placas, como por exemplo, nos percentuais de absorção de água, resistência à tração perpendicular e arrancamento de parafuso ([MILAGRES et al., 2006](#)).

Granulometria (Tyler)	Densidade (massa específica) (g.cm ⁻³)	Desvio Padrão
8	1,49	0,001
14	1,48	0,000
48	1,47	0,001
100	1,52	0,000
200	1,51	0,000

Tabela 6 - Densidade das partículas do resíduo de açaí

4.1.2. Teor de umidade (%)

O teor de umidade é um dos fatores que está relacionado com as propriedades de estabilidade dimensional dos compósitos ([ELEOTÉRIO, 2000](#)). De acordo com [Kollmann et al. \(1975\)](#), a umidade presente na formação das placas, é responsável por realizar a transferência de calor para o interior do compósito no momento da prensagem, sendo o seu tipo e tamanho, as duas principais características de influência na absorção de umidade.

Os percentuais ideais de teor de umidade variam de acordo com o material empregado, todavia, a transferência de calor por meio deste teor é prejudicada quando em excesso em baixos valores. Para altos teores de umidade há um maior tempo de processamento das placas devido à necessidade de retirada dessa umidade excessiva ([KELLY, 1977](#); [HILLIG, 2000](#)). Quanto aos baixos valores, o transporte de calor para o centro do compósito fica prejudicado, gerando um material heterogêneo com zonas mais quentes e mais frias, e, portanto, com respostas mecânicas desiguais ([MALONEY, 1989](#); [HASELEIN et al., 2002](#)).

Para as partículas de resíduos de açaí, o menor teor de umidade foi das granulometrias 8 e 14 *Tyler*, e o maior teor ocorreu nas granulometrias de 48 *Tyler*, onde há uma maior presença de fibras em relação às primeiras granulometrias citadas (Tabela 7).

Granulometria (<i>Tyler</i>)	Massa Inicial (g)	Massa Final (g)	Perda de Massa (g)	Teor de Umidade (%)
8 e 14	3,51	3,41	0,10	2,78
8, 14, 48, 100, 200	3,51	3,39	0,12	3,42
48	3,52	3,31	0,20	5,76

Tabela 7 - Teor de umidade das partículas antes da produção dos compósitos

4.1.3. Caracterização química

Na tabela 8 apresenta-se a composição química dos resíduos de açaí, compostos por caroço e fibras, em relação aos valores de outros estudos que utilizam somente a fibra de Açaí, bem como em relação às fibras de madeira das espécies Amapá e Cumaru ([ZAU et al., 2014](#)).

Material	Extrativos (%)	Celulose (%)	Cinzas (%)	Lignina (%)	Referência
Resíduo de Açaí (caroço + fibra)	16,64 ± 0,73	36,13 ± 4,32	1,57 ± 0,02	47,92 ± 4,41	Presente trabalho
Fibra de Açaí <i>E. oleracea</i> Mart.	-	46,51	-	30,35	Mesquita (2013)
Fibra de Açaí <i>E. precatória</i> Mart.	-	73,92	-	10,16	Quirino (2010)
Fibra de Madeira Cumaru	18,32	46,79	1,72	34,29	Lima (2012)
Fibra de coco	2,33	45,47	1,34	31,83	Salazar; Leão (2000)
Fibra de Sisal	9,27	59,18	1,95	6,97	Salazar; Leão (2000)

Tabela 8 - Composição química dos resíduos de açaí (caroço + fibra) em comparação à outras fibras naturais

O resíduo de açaí estudado apresentou o maior teor de lignina em relação aos demais materiais, indicando potencial de melhores respostas quanto às propriedades físicas em relação à absorção de água visto que a lignina é hidrofóbica ([WILLFÖR et al., 2006](#); [ZANUNCIO; COLODETTE, 2011](#)).

Além disso, a lignina possui uma estrutura amorfa polimérica ([QUIRINO, 2010](#); [DOREZ et al., 2014](#)), que contribui não só para a proteção a ataques químicos, mas também pode proporcionar um maior tempo de degradação, e a sua maior presença nas partículas do resíduo de açaí quando comparada somente às suas fibras, pode indicar melhores respostas de durabilidade em compósitos constituídos por caroço e fibras.

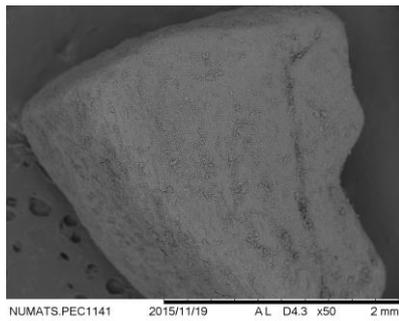
Quanto aos percentuais de celulose, cuja principal característica está no fato de conferir maior rigidez e resistência à tração ([YAN et al., 2016](#)), observa-se que os mesmos apresentam uma quantidade inferior nas partículas dos resíduos de açaí, quando comparada somente às fibras, a exemplo dos estudos de [Quirino \(2010\)](#) e [Mesquita \(2013\)](#).

Em relação ao maior teor de extrativo presente no resíduo de açaí, quando comparado com as fibras de coco, sisal ou madeira Cumaru, observa-se que possivelmente haverá uma maior dificuldade de adesão entre as partículas do resíduo de açaí e a resina na fabricação de painéis. Segundo [Lima et al. \(2007\)](#), isso se dá pelo fato dos extrativos interferirem na reação de polimerização da resina, pois, de acordo com [Albino et al \(2012\)](#), eles são compostos em geral por graxas e óleos, prejudicando a interação do adesivo com outro componente.

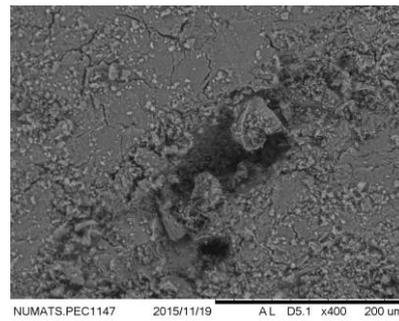
4.1.4. Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV

Analisando-se as micrografias obtidas por MEV, observa-se que em ambas as partículas de 8 (Figura 25a.1 e a.2) e 14 *Tyler* (Figura 25b.1 e b.2), praticamente não há existência de fibras; nas partículas de 48 *Tyler* estas são proporcionais à quantidade de partículas de caroço (Figura 25c.1 e c.2); nas partículas de 100 *Tyler* a sua presença é predominante (Figura 25d.1 e d.2), e nas de 200 *Tyler* observa-se o inverso, com predominância de “raspas” do caroço e pouca presença de fibra (Figura 25e.1 e e.2).

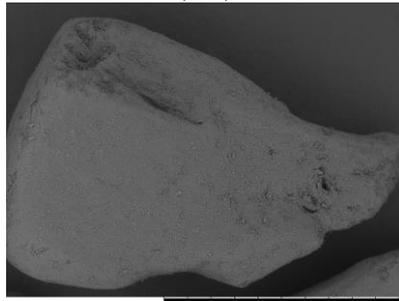
Nas partículas de 8 *Tyler*, cuja morfologia é semelhante à de 14 *Tyler*, observou-se uma superfície irregular que de acordo com [Costa et al., 2015](#), está associada à deformação sofrida durante o corte e trituração no moinho de facas, bem como do atrito entre partículas. Nas fibras, observa-se sua superfície recoberta por elementos que, segundo [Lima et al. \(2015\)](#), são Sílica (SiO₂) (Figura 26a) e que acomodam-se em protrusões globulares ([SILVA, 2015](#)) (Figura 26b).



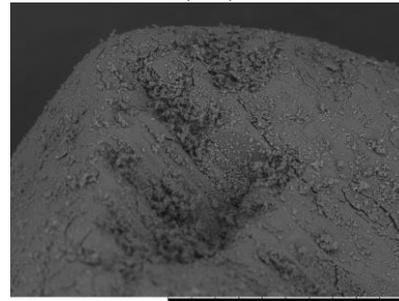
(a.1)



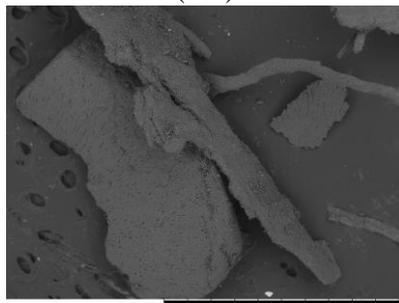
(a.2)



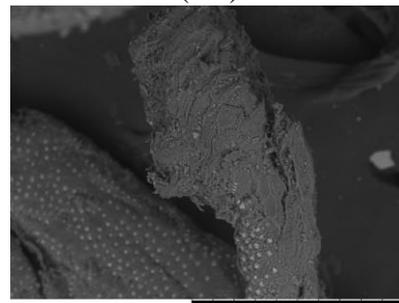
(b.1)



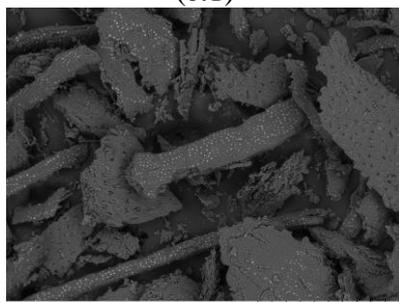
(b.2)



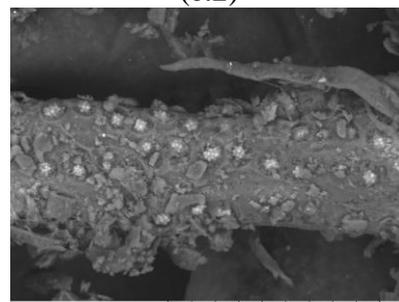
(c.1)



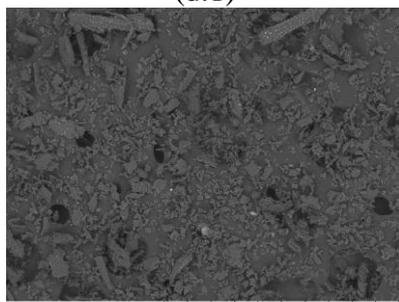
(c.2)



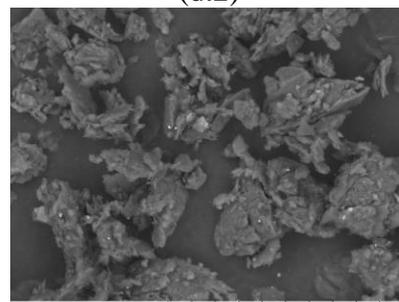
(d.1)



(d.2)



(e.1)



(e.2)

Figura 25 - Micrografias das partículas de resíduo de aço

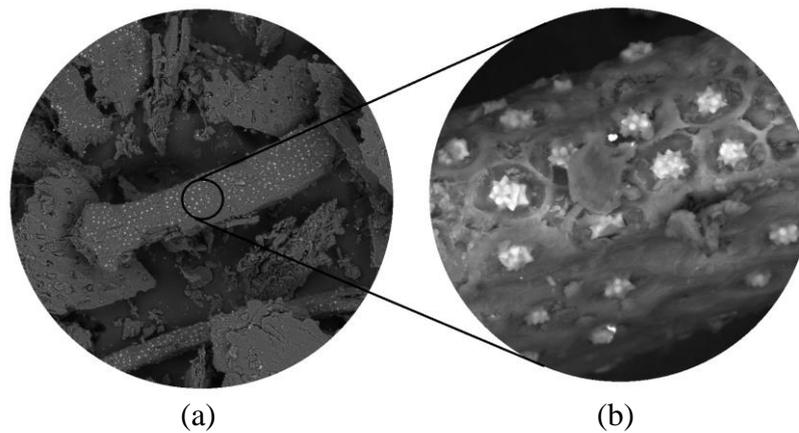


Figura 26 - Micrografias da superfície das fibras: a) Visualização da Sílica; b) Sílica nas protrusões globulares

De acordo com [Mesquita \(2015\)](#) a presença de sílica proporciona à fibra maior rigidez e benefícios às suas características mecânicas, embora estudos realizados por [Miranda et al. \(2015\)](#) exemplifiquem a aplicação de tratamentos químicos em fibras para retirada da sílica, aumentando sua rugosidade, desde que usado na intensidade adequada para não causar desfibrilação e perda de resistência, o que poderia contribuir para melhorias nas características mecânicas de compósitos em virtude de fatores como melhor interação entre os componentes.

4.1.5. Comportamento Térmico - Termogravimetria

Na figura 27 estão representados os resultados do ensaio de degradação térmica. Para as maiores partículas de 8 e 14 *Tyler*, o perfil de degradação por temperatura foi semelhante. Observam-se três etapas de decomposição, sem a presença do pico inicial de perda de massa por umidade, comumente encontrado em curvas de Termogravimetria de fibras naturais ([RAMBO et al., 2015](#)). Esta ausência do pico inicial indica a baixa absorção de água das partículas de caroço em relação às fibras, que são hidrofílicas.

A primeira etapa de degradação para estas partículas ocorreu até os 200 °C onde houve cerca de 5% de redução de massa, atribuídos à perda de componentes voláteis, principalmente água ([MARTINS et al., 2009](#)). A partir desta temperatura, ambas as granulometrias iniciaram a segunda etapa de perda de massa com uma variação menos acentuada no intervalo de 195 e 230 °C, e pico de temperatura de 220 °C, relacionado à degradação da hemicelulose.

O segundo pico com maior intensidade de variação de massa se deu até 360 °C, totalizando uma redução de 51% para as partículas de 8 *Tyler*, e 47% para as de 14 *Tyler*. Este pico está relacionado à decomposição da celulose e lignina ([MARTINS et al., 2009](#)) com temperaturas máximas de 280 °C, para este intervalo.

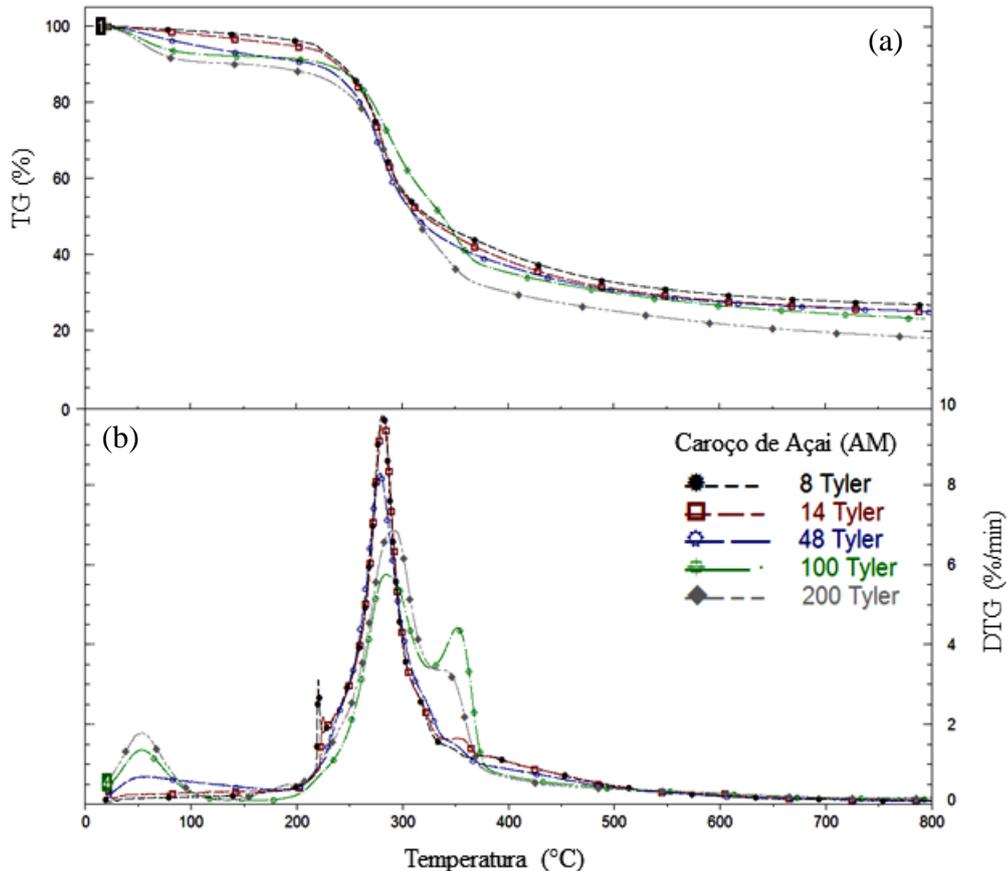


Figura 27 - Curvas de TG (a) e DTG (b) de todas as partículas estudadas do caroço de Açai

A temperatura do índice de estabilidade térmica, quando a degradação do material chega a 50% ([POLETTTO et al., 2014](#)), foi de 327°C para partículas de granulometria 8 *Tyler* e 322 °C para 14 *Tyler*. Já a terceira e última etapa de variação de massa ocorreu por volta dos 330 °C, com o terceiro pico de degradação aos 383 °C para 8 *Tyler* e aos 350 °C para 14 *Tyler*, com perdas de massa de 5 e 6% atribuído à decomposição dos resíduos tais como gorduras do endocarpo ([MARTINS et al., 2009](#); [BARREIRA, 2009](#)).

Nas curvas TG/DTG das partículas de 48 *Tyler* fica evidente a curva de redução de massa por perda de umidade entre a temperatura ambiente e cerca de 190 °C com um pico característico aos 50 °C, reforçando a inerência hidrofílica das fibras com pequena variação de massa de 9%. A partir de 200 °C há uma intensa perda de massa de cerca de 47% com pico

de 278 °C. Um pico de baixa intensidade ocorre posteriormente, até 365 °C, com uma variação de 5%. A temperatura de índice de estabilidade térmica para a granulometria 48 *Tyler* foi de 313 °C.

Quanto às granulometrias de 100 e 200 *Tyler*, as partículas apresentaram perfis semelhantes e também três etapas de perda de massa. Até 100 °C houve a diminuição de massa por perda de água com pico de decomposição aos 50 °C e redução de 7 a 9%. Posteriormente ocorreu uma maior intensidade de variação da massa a partir de 200 °C com picos de 280 °C e 290 °C e perda de 36 e 43%, para 100 e 200 *Tyler*, respectivamente. Vale ressaltar que esta perda, assim como nas curvas anteriores, está relacionada à decomposição da hemicelulose, celulose e lignina.

Na terceira etapa entre 325 e 380 °C há uma menor intensidade de perda de massa com 19% para granulometria de 100 *Tyler* e 14% para 200 *Tyler*, e temperaturas de pico de 350 °C e 340 °C. As temperaturas de estabilidade térmica para estas partículas foram de 339 e 312 °C, respectivamente.

Em suma, as partículas de resíduo de açaí, contendo caroço e fibras do fruto, apresentaram em média perda de massa de 8% para o primeiro pico de degradação com perda de água, 45% de redução de massa até cerca de 283 °C, 10% até 360 °C, com cinzas em torno de 16%, ressaltando-se que a degradação de 50% do material ocorre por volta dos 323 °C. Destaca-se ainda que, em relação à estabilidade térmica, esta foi maior onde houve predominância de fibras ([MARTINS et al., 2009](#)), que conforme as imagens do MEV ocorrem nas partículas de granulometria 100 *Tyler*, que apresentaram a maior estabilidade térmica dentre todas as partículas estudadas, com 339 °C.

Tais informações reforçam o valor do conhecimento das etapas de degradação do material em termos de temperatura, subsidiando o processo a ser aplicado durante a preparação e produção de compósitos com resíduo de açaí, contribuindo para o desenvolvimento de novos estudos necessários à evolução da confecção de painéis, bem como a viabilidade de produções em escalas com matéria prima da região amazônica.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS COMPÓSITOS

4.2.1. Caracterização Física

4.2.1.1. Inchamento em espessura (2 e 24 horas)

Todos os corpos de prova ensaiados, em termos de inchamento, atenderam ao requisito de variação dimensional de até 8% após 2 horas, evidenciando o atendimento da NBR 14810 (ABNT, 2006), bem como 17% após 24 horas (Tabela 9).

O inchamento máximo em 2 horas ocorreu nas placas Md 15 e Md 10, cujos valores médios foram 2,71 e 2,67%, respectivamente. Em relação ao inchamento mínimo, o mesmo ocorreu na placa do tipo G 15, cujos resultados foram menores que 1% de inchamento após 2 horas e de aproximadamente 2% em 24 horas, portanto na maior concentração de resina em estudo, indicando uma possível influência do caráter hidrofóbico da resina à base de óleo de mamona (LOPES, 2009).

Tipo de Placa	I_2h (%)	Desvio Padrão (2h)	I_24h (%)	Desvio Padrão (24h)
G 15	0,72	0,52	2,27	0,92
G 10	0,81	1,06	5,79	2,92
Mi_1_12,5	1,19	0,62	5,22	0,74
Mi_2_12,5	1,20	0,91	6,11	1,99
Mi_3_12,5	1,14	0,64	5,58	1,75
Md 15	2,71	0,81	6,65	0,82
Md 10	2,67	1,35	8,00	1,40

Tabela 9 – Respostas aos ensaios de Inchamento (I) para 2 e 24 horas, com respectivos Desvio Padrão

Para o inchamento em 2 horas, não houve fator de significância (Tabela 10) para as condições estudadas. Vale ressaltar que na tabela GL é o grau de liberdade, SQ é a soma dos quadrados, QM é o Quadrado médio, F é a chamada estatística F de Snedecor, e o p-Valor é a probabilidade P com 95% de confiança. Verifica-se que quanto maior a granulometria, menor é o inchamento (Figura 28a), com pouca interferência da quantidade de resina (Figura 28b).

Fatores	GL	SQ	QM	F	p-Valor
Granulometria	1	3,70	3,70	9,51	0,053
Resina	1	0,00	0,00	0,00	0,970
Interação	1	0,00	0,00	0,01	0,923
Erro	3	1,16	0,38	-	-
Total	6	4,87	-	-	-

Tabela 10 - Resultados da análise ANOVA para o ensaio de inchamento em 2 horas

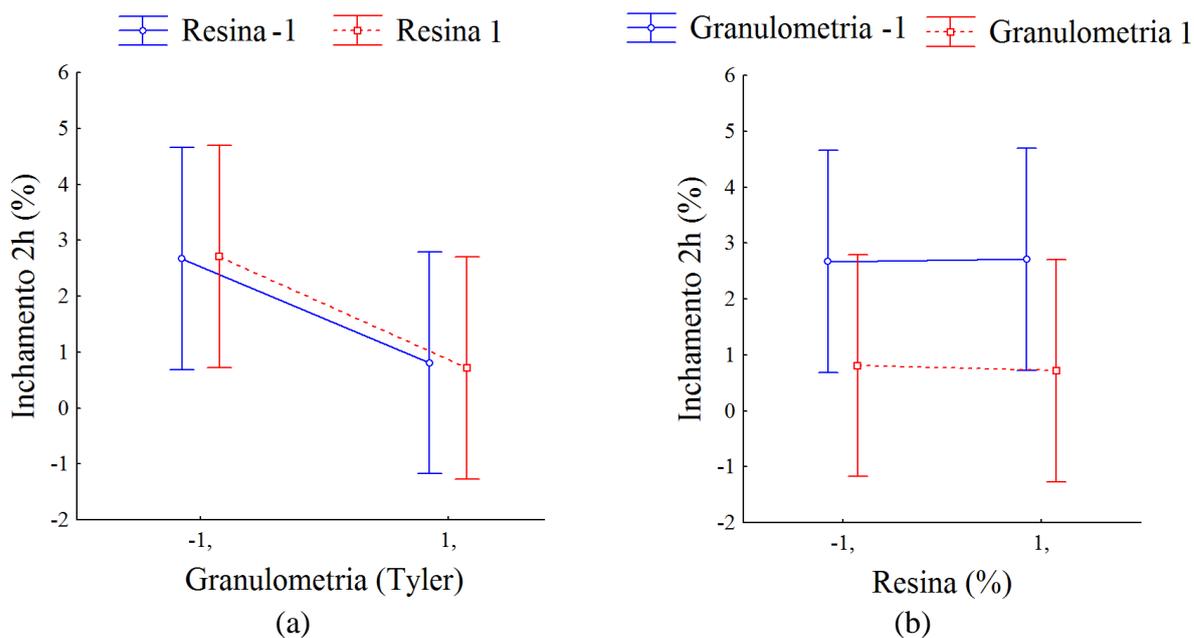


Figura 28 - Efeitos principais para: Inchamento 2h e granulometria (a); e Inchamento 2h e resina (b)

Na tabela 11 observam-se os resultados para 24 horas de ensaio de inchamento, situação em que a granulometria é um fator significativo, com pValor de 0,02.

Fatores	GL	SQ	QM	F	p-Valor
Granulometria	1	10,85	10,85	17,94	0,024
Resina	1	5,92	5,92	9,79	0,052
Interação	1	1,17	1,17	1,94	0,257
Erro	3	1,81	0,60	-	-
Total	6	19,77	-	-	-

Tabela 11 - Análise ANOVA para o ensaio de inchamento em 24 horas

Conforme é possível observar na figura 29a e b, quanto maior a granulometria, bem como a quantidade de resina, menor é a variação dimensional do que se refere ao inchamento em espessura das placas.

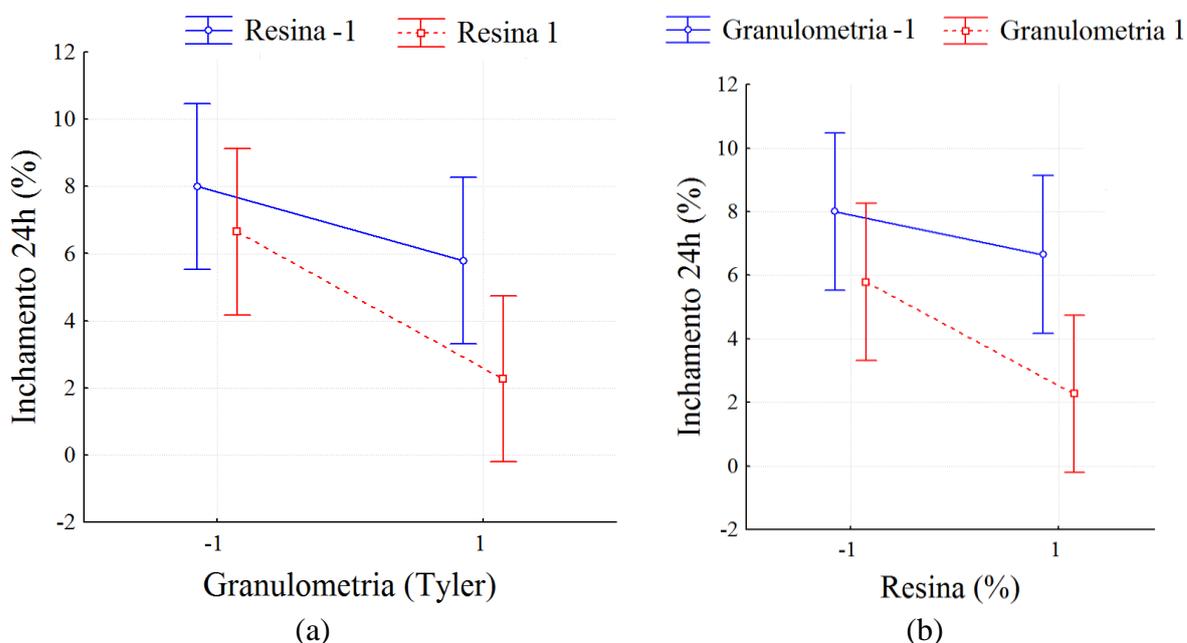


Figura 29 – Respostas quanto aos efeitos principais para: Inchamento 24h e granulometria (a); e Inchamento 24h e resina (b)

As placas produzidas com o caroço de açaí apresentaram resultados de inchamento menores em relação aos de [Quirino \(2010\)](#) e [Mesquita \(2013\)](#), cujos compósitos foram produzidos com 15% de resina de mamona e somente fibras de açaí, excluindo-se o caroço. Os menores resultados obtidos do presente trabalho podem estar relacionados com a menor presença de fibras nos compósitos produzidos com partículas, proporcionando um menor inchamento ([PAN; ZHONG, 2015](#)).

Além disso, os maiores resultados de inchamento encontrados nas placas do tipo “Médias” (Md 15 e Md 10) podem indicar uma possível influência da variação dimensional devido à presença predominante de fibras do caroço de açaí, reforçando o caráter hidrofílico de fibras vegetais ou lignocelulósicas ([SILVA et al., 2009](#); [JAWAID et al., 2011](#); [SPINACÉ et al., 2011](#)).

Para o ensaio após 24 horas, o inchamento também foi menor para os painéis confeccionados com caroço de açaí, com máxima de 8,01% da placa Média 15%, em relação à [Mesquita \(2013\)](#), cujo valor de inchamento após 24 horas foi de 21 e 35% para os compósitos com e sem tratamento químico.

Em compósitos produzidos com materiais diferentes os resultados apresentaram-se em faixas aproximadas de análise, a exemplo de [Fiorelli et al. \(2011\)](#) que confeccionaram painéis de partícula de bagaço de cana de açúcar e variação de resina de mamona entre 10 e 15%, com inchamento após 2 horas em placas com revestimento superficial de óleo de mamona de 0,31%. Entretanto, após 24 horas o painel atingiu 19% de inchamento, valor acima do encontrado no presente trabalho.

[Bertolini et al. \(2013\)](#) produziram compósitos com partículas de três espécies de árvores urbanas em São Paulo (Jatobá, Canelinha e mistura de ambas) e 16% de resina, obtendo valores de inchamento após 2 horas, de cerca de 5%, portanto sofrendo variação dimensional de expansão por inchamento superior à todas as placas produzidas com caroço de açaí.

[Macedo et al. \(2015\)](#), produziram placas com 12% de resina e madeira *Eucalyptus sp* que apresentam valores de inchamento de 0,95%, próximo ao da placa G 15 após 2h, cujo inchamento é de 0,72%. Todavia, tais placas produzidas pelo autor e colaboradores, contaram com uma camada superficial impermeabilizante.

4.2.1.2. Absorção de água (2 e 24 horas)

Na absorção, o valor máximo em 2 horas ocorreu na placa Md 10, com 16,2%, portanto com predominância de fibras de caroço de açaí e com o menor percentual de resina, de 10%. Após 24 horas de ensaio, a mínima absorção foi observada na placa G 15, com 4,89%, cuja concentração de resina é maior, assim como as dimensões das partículas de açaí.

Para 2 e 24 horas de absorção, o comportamento de interação é similar ao ensaio de inchamento, onde quanto maior a granulometria, menor a absorção de água (Figura 30a e b; e Figura 31 a e b), sendo que o fator significativo para o ensaio em ambos os tempos de imersão é a granulometria (Tabela 12). Vale ressaltar que estas mesmas granulometrias apresentaram os menores valores de teor de umidade, com 2,78%, conforme descrito anteriormente na caracterização das partículas.

Tipo de Placa	A_2h (%)	Desvio Padrão (2h)	A_24h (%)	Desvio Padrão (24h)
G 15	4,89	0,91	21,11	3,68
G 10	10,91	1,67	29,67	1,01
Mi_1_12,5	10,19	0,37	27,17	1,05
Mi_2_12,5	10,43	0,32	27,70	4,80
Mi_3_12,5	9,09	1,27	29,43	9,19
Md 15	16,20	2,11	47,92	6,04
Md 10	16,19	2,20	56,65	11,73

Tabela 12 – Valores obtidos nos ensaios de Absorção (A) para 2 e 24 horas, com respectivos Desvio Padrão

Para ambos os ensaios a granulometria apresentou-se como fator de significância nos resultados de absorção das placas, com p-Valor de 0,02 para 2 horas de ensaio, e p-Valor de 0,04 para 24 horas, conforme as tabelas 13 e 14.

Fatores	GL	SQ	QM	F	p-Valor
Granulometria	1	102,31	102,31	18,04	0,023
Resina	1	23,28	23,28	4,10	0,135
Interação	1	1,42	1,42	0,25	0,650
Erro	3	17,01	5,67	-	-
Total	6	144,03	-	-	-

Tabela 13 - Análise ANOVA para o ensaio de absorção em 2 horas

Fatores	GL	SQ	QM	F	p-Valor
Granulometria	1	780,64	780,64	10,63	0,047
Resina	1	93,89	93,89	1,27	0,340
Interação	1	1,27	1,27	0,01	0,903
Erro	3	220,14	73,38	-	-
Total	6	1095,96	-	-	-

Tabela 14 - Análise ANOVA para o ensaio de absorção em 24 horas

[Ferro et al. \(2015\)](#) verificaram que para placas OSB com 12% de resina, o material atingiu 18,1% de absorção após 2 horas, valor próximo aos 19,8% da placa Md 10. Para 24 horas a situação também foi semelhante, com compósitos OSB atingindo 54,9% e a placa Md 10 com 58,74%. [Bezerra et al. \(2015\)](#) produziram painéis com partículas de bambu e 12% de resina de mamona que incharam e absorveram mais água em relação às placas com caroço de açaí, mesmo àquelas confeccionadas com 10% de resina, indicando uma possível influência também das partículas de açaí para a menor variação dimensional do painel.

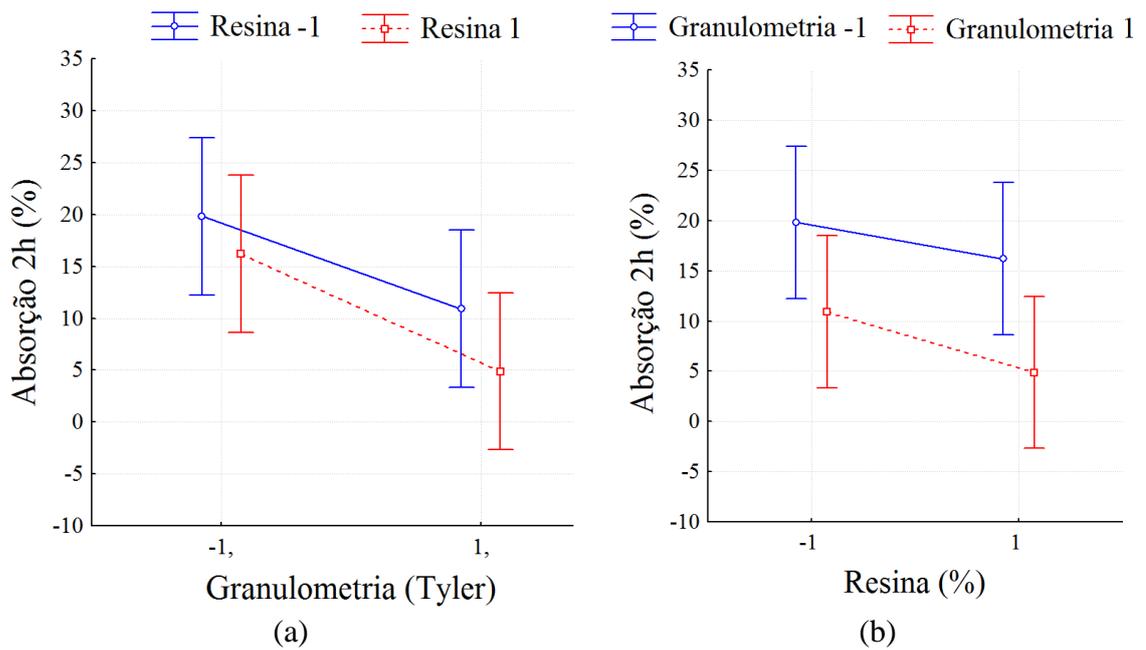


Figura 30 – Curvas de respostas da interação entre os fatores: Absorção 2h e granulometria (a); e Absorção 2h e resina (b)

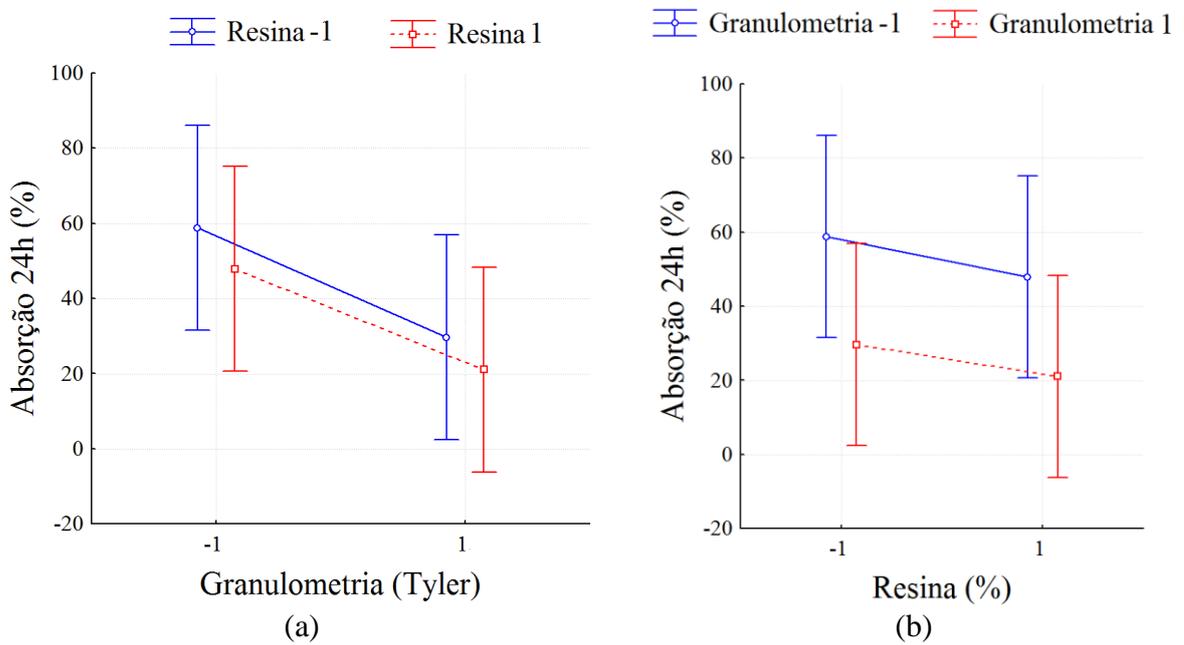


Figura 31 - Curvas de respostas da interação entre os fatores: Absorção 24h e granulometria (a); e Absorção 24h e resina (b)

Vale salientar que nas placas médias, onde houve o maior percentual de absorção e inchamento, é possível visualizar uma maior presença de fibras que possuem a característica hidrofílica ([SILVA et al., 2006](#)), diferente das placas do tipo Grossa, que apresentaram os menores valores de inchamento e absorção, e onde observa-se as partículas do caroço de açaí, praticamente sem nenhuma presença de fibras, independentemente de ser G 15 (Figura 32a) ou G 10 (Figura 32b), diferenciando-se entre si pela quantidade de resina, que é hidrofóbica, e que por consequência gerou resultados de variação dimensional menor nas placas G 15.

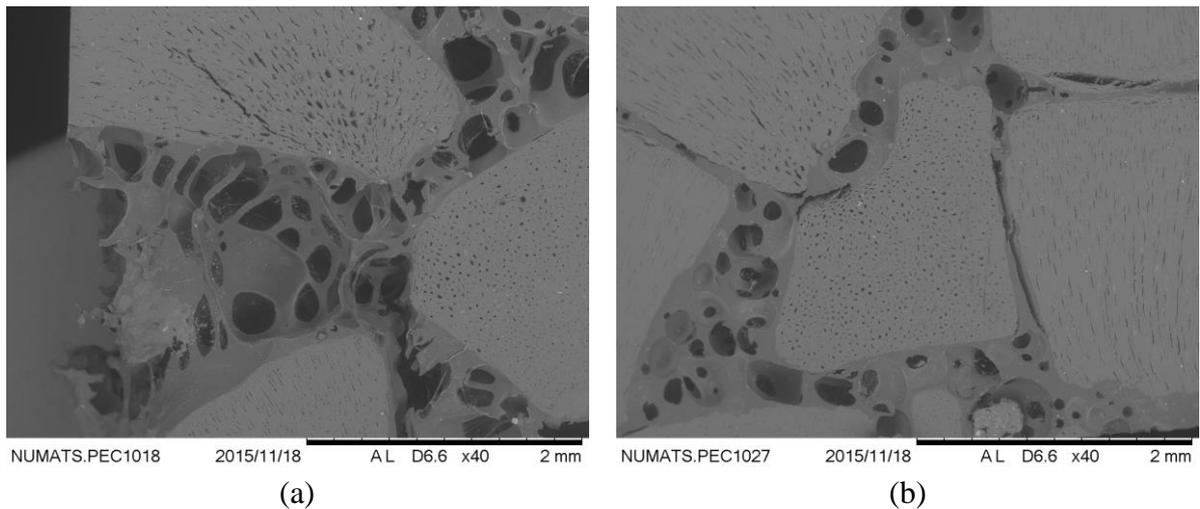


Figura 32 - MEV com aumento de 40x: placa G15 (a); placa G10 (b)

Entre as placas do tipo Média, Md 15 (Figura 33 a e b) e Md 10, cujo percentual de resina é o menor (10%), nota-se uma menor interação fibra-matriz, implicando no aparecimento de vazios (Figura 33c e d) e assim viabilizando a penetração de água e consequente maior variação dimensional, corroborando com [SPINACÉ et al. \(2011\)](#).

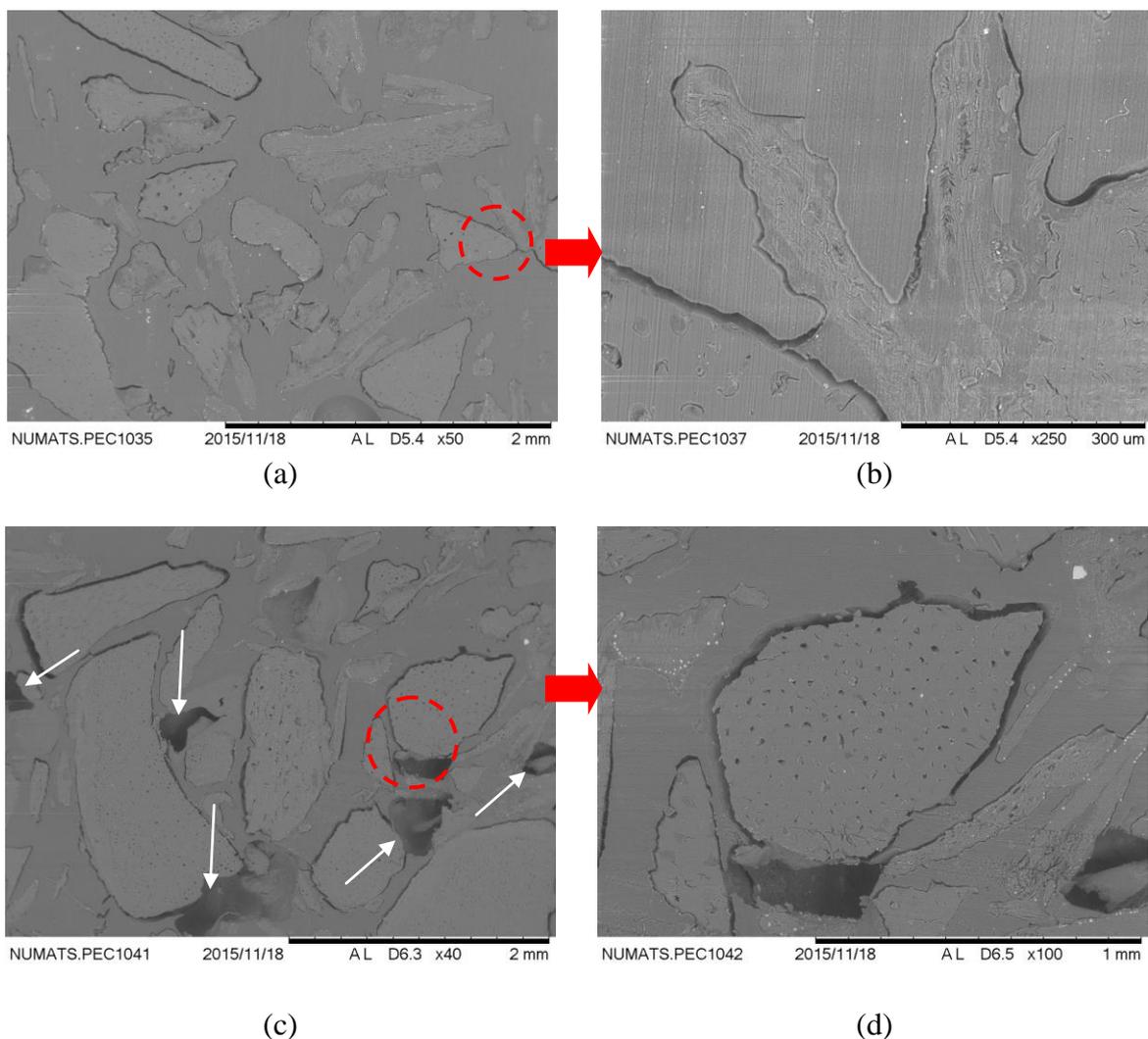


Figura 33 - MEV das placas: Md15 com aumento de 50x (a) e 250x (b); e das placas Md10 com aumento de 40 x (c) e 100 x (d)

4.2.1.3. Densidade aparente

Na tabela 15 apresentam-se os valores de densidade aparente para cada tipo de placa. Todas as placas resultaram em densidades a cima de $0,8 \text{ g.cm}^{-3}$, todavia, considerando-se o coeficiente de variação, é possível classifica-las como placas contidas entre média e alta densidade, de acordo com a NBR 15316-2 (ABNT, 2015). Ainda em relação ao coeficiente de variação em torno de 10%, observa-se homogeneidade nos corpos de prova analisados dentro de cada tipologia de placa.

Tipo de Placa	Densidade (g.cm⁻³)	Média (\bar{x})	CV (%)
G 15	0,85	0,8	8
G 10	0,85	0,8	6
Mi1-12,5	0,87	0,9	9
Mi2-12,5	0,88	0,9	14
Mi3-12,5	0,97	1,0	8
Md 15	0,97	1,0	9
Md 10	0,83	0,8	13

Tabela 15 - Densidade aparente das placas de partículas de resíduo de açaí e resina de mamona

4.2.2. Caracterização Mecânica

4.2.3.1. Tração perpendicular (Adesão Interna)

Para o ensaio de tração perpendicular, a placa G 10 obteve os melhores resultados com o valor de 1,54 MPa (Figura 34). As placas do tipo Média alcançaram os menores resultados, à semelhança do que ocorreu no inchamento e absorção, com Md 10 sendo a única placa a não atender à NBR 14810-2 ([ABNT, 2013](#)).

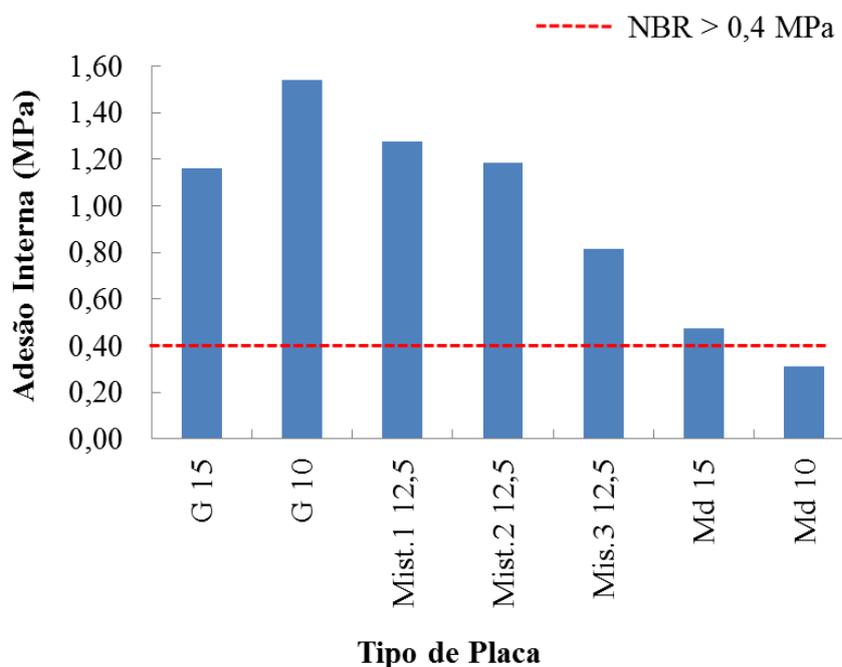


Figura 34 – Valores médios obtidos nos ensaios de Tração perpendicular (Adesão interna). Somente a placa Md 10 não atendeu à NBR 14810

Em termos de ANOVA, quanto maior a granulometria e menor a quantidade de resina, melhor o resultado para a adesão interna, sendo a granulometria um fator significativo para as condições estudadas (Tabela 16, Figura 35a e b). Por outro lado, observou-se alto desvio padrão nas amostras ensaiadas apontando uma não homogeneidade do compósito que pode estar relacionado com a etapa de mistura no processamento das placas.

Fatores	GL	SQ	QM	F	p-Valor
Granulometria	1	0,92	0,92	13,56	0,03
Resina	1	0,01	0,01	0,17	0,70
Interação	1	0,07	0,07	1,07	0,37
Erro	3	0,20	0,06	-	-
Total	6	1,21	-	-	-

Tabela 16 - Resultados da análise ANOVA para o ensaio de adesão interna

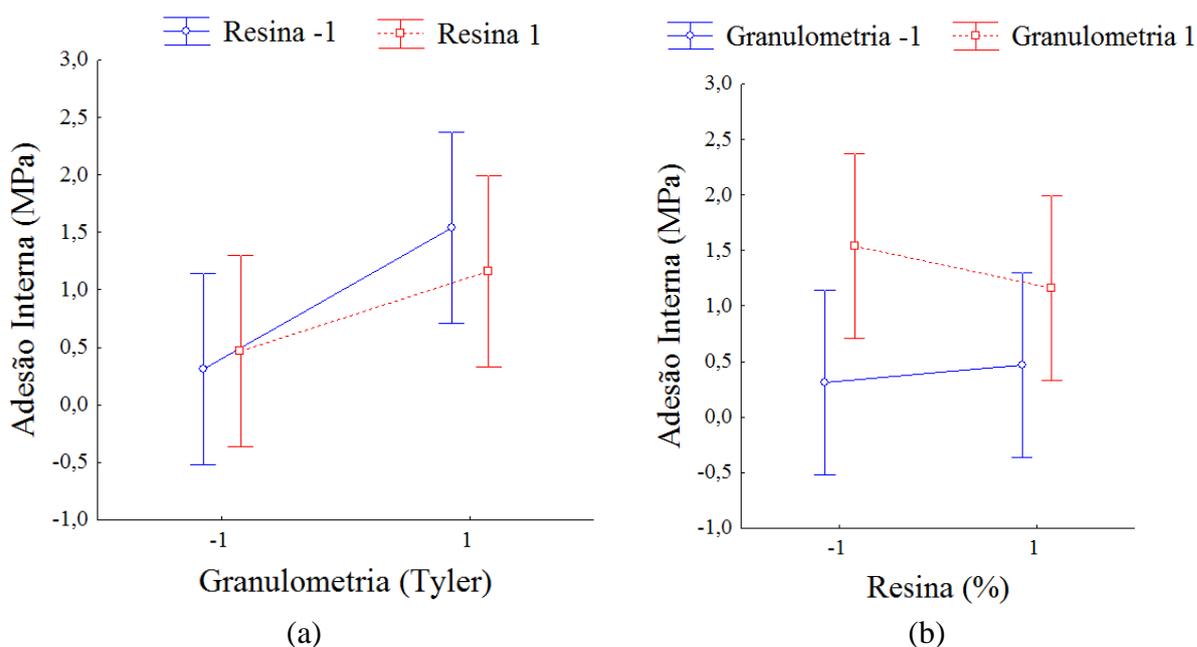


Figura 35 – Curvas de respostas de efeitos principais para o ensaio de adesão interna: a) Granulometria; b) Resina (%)

Verificou-se que os resultados obtidos no presente trabalho são superiores em sua maioria aos apresentados por [Quirino \(2010\)](#) que atingiu com suas placas de fibra de açaí e resina de mamona, adesão interna de 0,66 MPa, e [Mesquita \(2013\)](#) que apresenta resultados de 0,53 MPa para placas com fibras de açaí quimicamente tratadas, que segundo o autor, melhoram a aderência da fibra à matriz em razão das mudanças superficiais na fibra, provocadas pelo NaOH.

Quanto à diferença de resultados das placas do tipo Grossa e as do tipo Média, os mesmos fatores de presença de vazios nas placas médias e menor interação entre as fibras e a resina, conforme ilustrado nas figuras 32 e 33, podem ter provocado tais resultados para a adesão interna. Segundo [Cabral et al. \(2016\)](#), a menor quantidade de resina provoca esta menor interação e conseqüente resultados inferiores de adesão interna.

Nesse contexto, [Ferro et al. \(2015\)](#) obtiveram resultados próximos aos das placas Md 15 e Md 10, com compósitos OSB e adesão interna de 0,51 a 0,64 MPa. [Iwakiri et al. \(2012a\)](#), produziram placas com ureia-formaldeído e serrarias de madeiras da Amazônia, onde os compósitos de madeira Copaíba obtiveram adesão de 1,27 MPa, o mesmo valor da placa Misturada 1-12,5%, assim como [Silva et al. \(2013b\)](#).

4.2.3.2. Arrancamento de Parafuso Topo (AP-T) e Superfície (AP-S)

Para todas as placas produzidas, os resultados alcançaram valores abaixo do recomendado pela norma utilizada, de 800 N para Topo e 1020 N para Superfície. Todavia, diferente do ensaio de tração perpendicular, inchamento e absorção, onde as placas com granulometrias maiores obtiveram melhores resultados, observou-se que no arrancamento de parafuso as placas com predominância de fibras resultaram em valores mais expressivos (Tabela 17).

Tipo de Placa	AP-T (N)	CV (%)	AP-S (N)	CV (%)
G 15	310,0	3,7	300,0	2,8
G 10	161,1	7,2	230,0	3,4
Mi1-12,5	255,0	7,0	320,0	5,9
Mi2-12,5	185,0	5,6	245,0	2,6
Mi3-12,5	215,0	8,2	265,0	2,0
Md 15	390,0	3,8	483,3	3,4

Tabela 17 – Valores a partir dos ensaios de Arrancamento de Parafuso

Quanto à ANOVA, a granulometria não foi significativa para as condições estudadas, e sim a quantidade de resina, bem como a interação entre resina e partículas, conforme a tabela 18, para o ensaio de Superfície, e tabela 19, para o ensaio de Topo.

Fatores	GL	SQ	QM	F	p-Valor
Granulometria	1	552,3	552,3	0,41	0,563
Resina	1	76452,3	76452,3	57,96	0,004
Interação	1	42642,3	42642,3	32,33	0,010
Erro	3	3956,7	1318,89	-	-
Total	6	123603,4	-	-	-

Tabela 18 - Análise ANOVA para o ensaio AP – Superfície

Fatores	GL	SQ	QM	F	p-Valor
Granulometria	1	1640,25	1640,25	1,98	0,253
Resina	1	72630,25	72630,25	87,75	0,002
Interação	1	14520,25	14520,25	17,54	0,024
Erro	3	2482,96	827,65	-	-
Total	6	91273,71	-	-	-

Tabela 19 - Análise ANOVA para o ensaio AP - Topo

Na análise de efeitos principais para AP-T, verifica-se que quanto menor a granulometria e maior a quantidade de resina, maior a resistência (Figura 36a). O mesmo é observado para AP-S, conforme a Figura 36b.

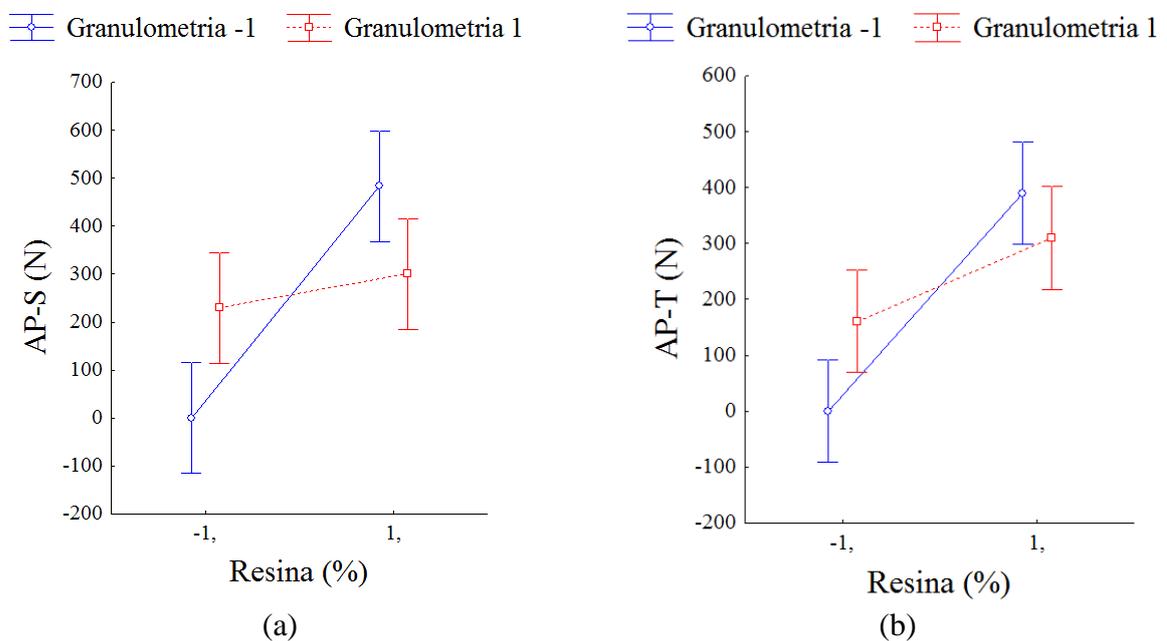


Figura 36 – Curvas de respostas de efeitos para o ensaio de Arrancamento de Parafuso: a) Arrancamento de Parafuso Superfície; b) Arrancamento de Parafuso Topo

Para o arrancamento de parafuso a placa Md 15, que obteve o maior valor para ambos os ensaios de topo e superfície de 390 e 483 N, respectivamente. [Quirino \(2010\)](#) alcançou 1.080N para arrancamento de superfície e [Lima et al. \(2014\)](#) chegou a 387,9 N com painéis de Cumarurana, valor próximo ao da Md 15.

A placa que apresentou o menor resultado de arrancamento de parafuso foi a G 10, com 161 N para Topo e 230 N para superfície, e segundo [Melo et al. \(2015\)](#), o aumento de partículas no compósito pode implicar em aumento da absorção de água e possível redução de resistência, ocasionando menores valores para ensaios como arrancamento de parafuso.

Vale ressaltar que a norma NBR 14810-3 ([ABNT, 2006](#)) indica como valores mínimos, 1.020 N para o ensaio do tipo superfície e de 800 N para o topo. [Raubert \(2011\)](#) produziu placas com madeira de eucalipto e sólidos granulares de poliuretano com percentuais de resina de 30 a 45%, resultando em resistências ao arrancamento de parafuso na superfície entre 77 e 205N, valores menores que os das placas com caroço de açaí.

4.2.3. Caracterização Termográfica (Infravermelho – IR)

Na figura 37 apresentam-se os valores das temperaturas superficiais máximas, a temperatura do ar, bem como a amplitude térmica. Observa-se o pico de máxima temperatura superficial de 74,8 °C no dia 28 de outubro, às 12 horas, cuja temperatura do ar era de 25,2 °C, correspondente ao compósito G10, logo, com predominância de partículas do caroço de açaí, pouca fibra, e menor quantidade de resina de mamona.

A placa composta somente por resina de mamona e a placa Md 10, apresentaram para este mesmo dia, as menores temperaturas, com 67,7 °C, e 65,5 °C, respectivamente. Todavia, a placa de resina apresentou as menores temperaturas superficiais durante todo o ensaio, com mínima de 33,6 °C no dia 22 de outubro, às 15 horas, cuja temperatura do ar foi de 32,2 °C.

Nota-se que as maiores temperaturas superficiais ocorreram no dia cuja temperatura do ar foi de 25,2°C, e que as menores temperaturas superficiais se deram no dia com temperatura do ar de 33,6 °C, indicando que a influência nas respostas térmicas não se dá somente com a incidência solar direta sobre as placas, mas também possivelmente com interferências da dinâmica de nebulosidade no momento da produção das termografias ([MACHADO et al., 2012](#)).

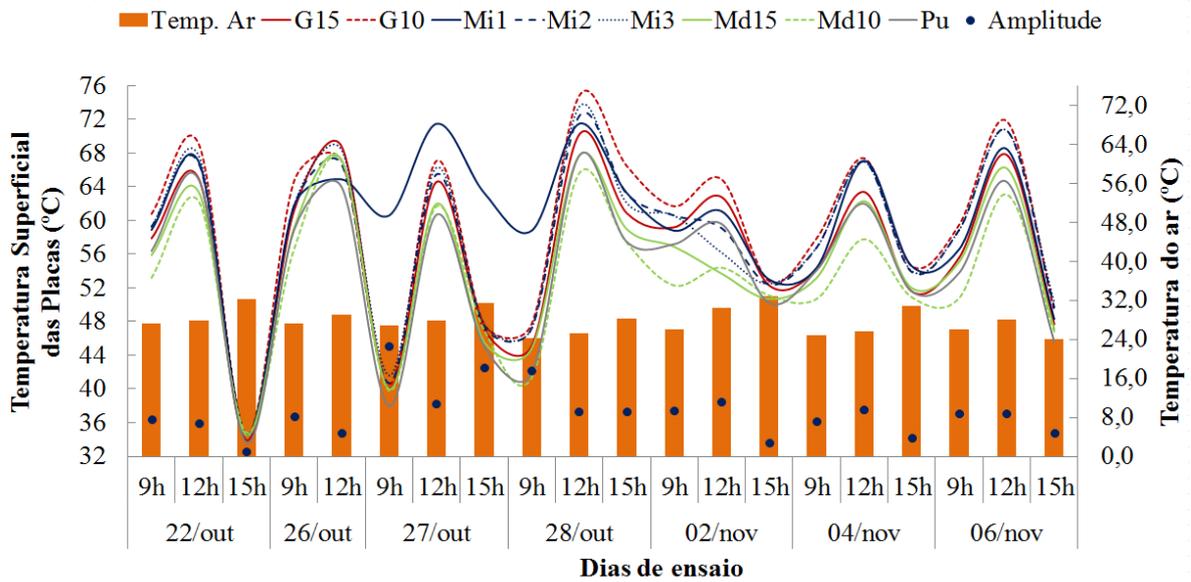


Figura 37 - Respostas da temperatura superficial e amplitude térmica dos compósitos

A amplitude térmica obteve seus extremos de temperatura mínima no dia 22/out às 15 horas e máxima no dia 28/out às 12 horas, variando cerca de 33 °C entre as placas do tipo “Md”, e cerca de 41 °C nas do tipo “G”.

Considerando-se somente as granulometrias das partículas e comparando-se os compósitos G15 e Md 15, verifica-se que quanto maior a granulometria, maior é a temperatura superficial, condição percebida com maior ênfase entre G10 e Md 10 (Figura 38).

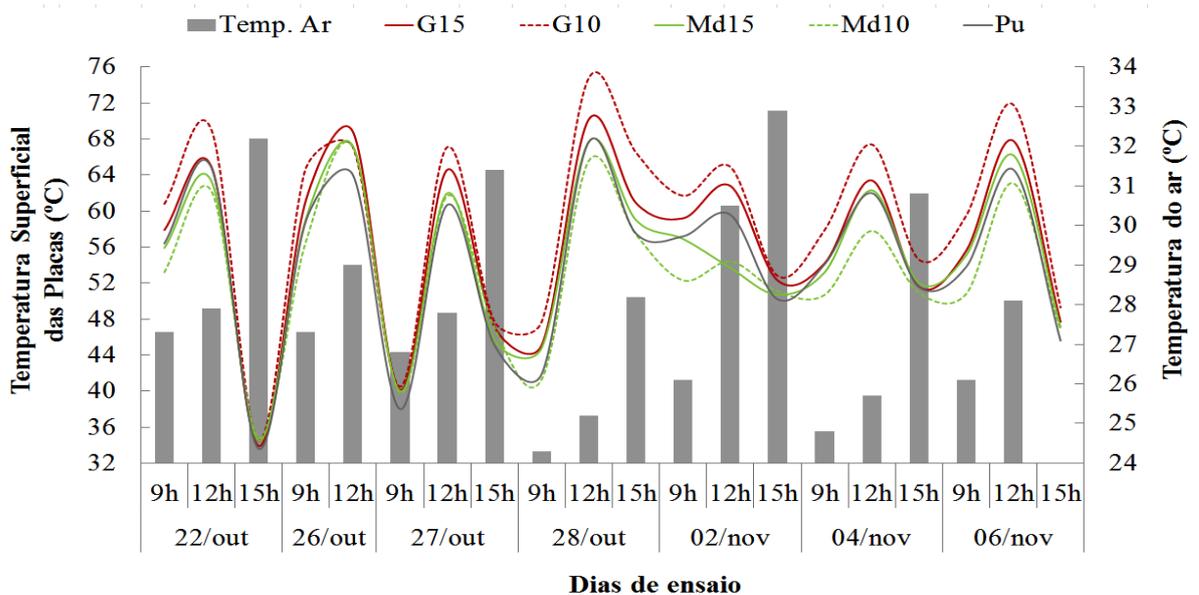


Figura 38 - Comparação dos compósitos considerando-se a mesma granulometria e percentual de resina

Quanto à ANOVA, os fatores não foram significativos para as condições estudadas (Tabela 20), embora nas análises de efeitos principais observa-se novamente que quanto maior a granulometria, maior a temperatura superficial, com placas do tipo Grossa respondendo com maiores valores em relação às placas Médias (Figura 39a), e considerando-se a resina, quanto maior o seu percentual, menor são os valores de temperatura superficial das placas (Figura 39b), reforçando sua característica de isolamento térmico (Figura 40) (LOPES, 2009; MICHELS et al., 2008), dificultando a passagem de calor para o interior do compósito, mas apresentando temperatura mais expressiva na superfície (Figura 41 a, b e c).

.Fatores	GL	SQ	QM	F	p-Valor
Granulometria	1	13,83	13,83	2,81	0,192
Resina	1	0,23	0,23	0,04	0,842
Interação	1	4,28	4,28	0,87	0,419
Erro	3	14,77	4,92	-	-
Total	6	33,12	-	-	-

Tabela 20 - Análise ANOVA para a média das máximas temperaturas superficiais registradas por meio de termografia infravermelho

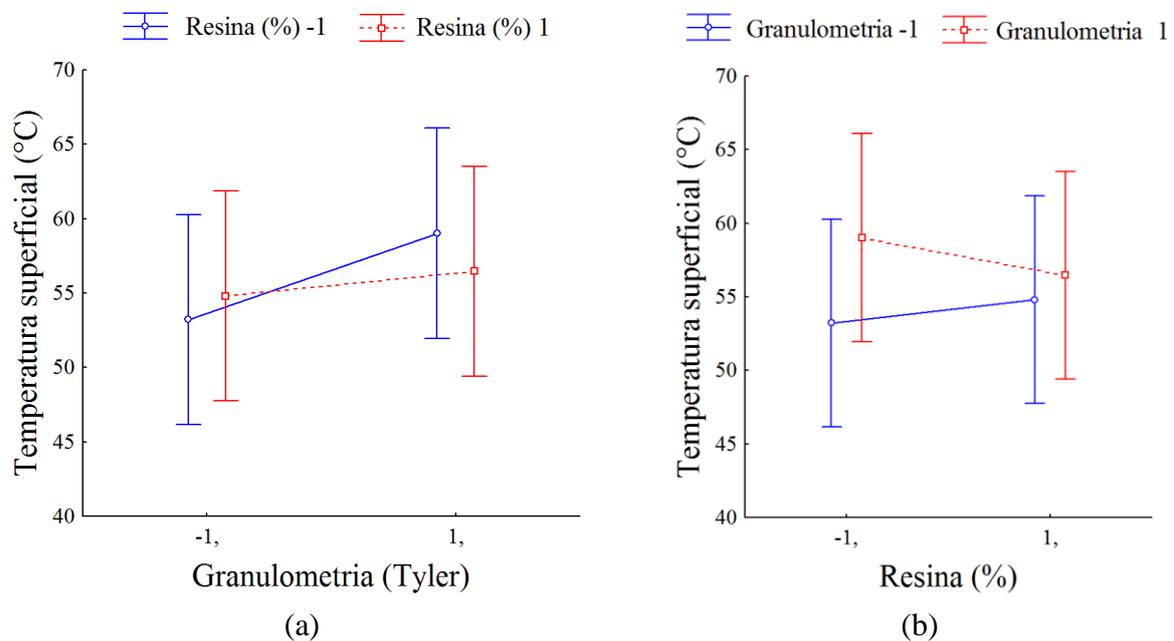


Figura 39 – Curvas de respostas de efeitos principais para a temperatura superficial das placas: a) Granulometria; b) Resina (%)

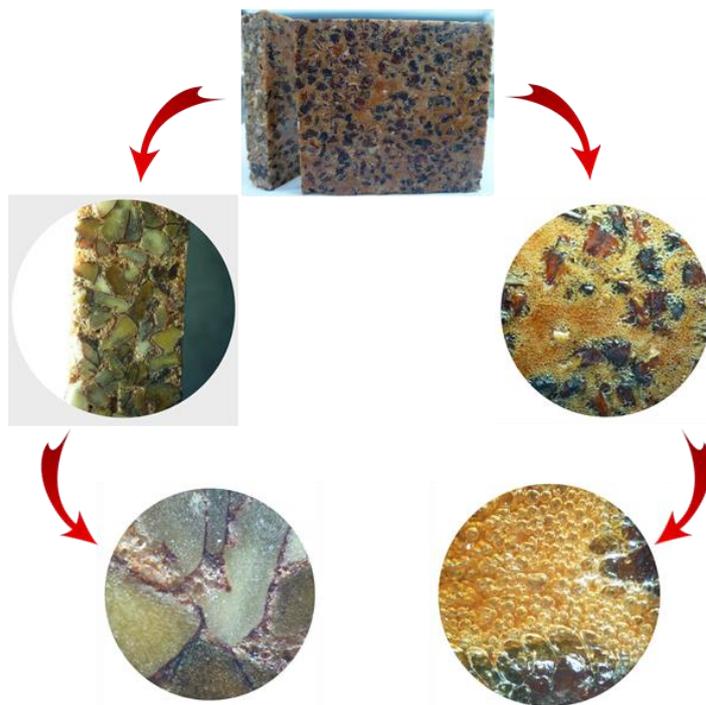


Figura 40 - Visualização por microscopia ótica da superfície da placa Grossa 15%–

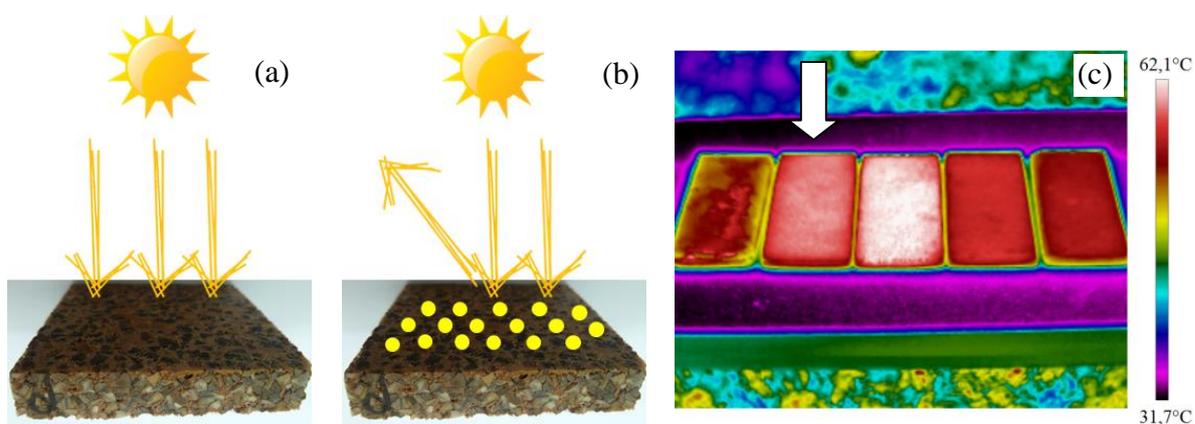


Figura 41 - Comportamento esquemático da temperatura superficial na placa Grossa 15%: a) incidência solar; b) carga térmica parcialmente refletida e parcialmente na superfície da placa; c) imagem termográfica da placa

Porém, o mesmo comportamento não ocorre nas placas do tipo Média, onde há predominância de fibras do aço e menor quantidade de resina, e o compósito Md 10 obteve as menores temperaturas superficiais. Esses resultados podem estar relacionados às características de maior presença de vazios nos compósitos com fibras (Figura 42), de modo que o preenchimento desses vazios pelo ar ([ABREU et al., 2011](#)), permite menores

temperaturas na superfície ([MICHELS et al., 2008](#)), além da absorção de calor também pela fibras, respondendo como um material menos refletivo ([WRAY; AKBARI, 2008](#)).



Figura 42 - Comportamento esquemático da temperatura superficial na placa Média 10%

A ocorrência dos vazios é comumente provocada por falhas no processo de fabricação dos compósitos, aliado à característica de absorção que a fibra possui, neste caso de forma desigual, prejudicando as propriedades das placas ([SCHEIRS, 2000](#); [SURIANI et al., 2012](#); [YAN et al., 2016](#)).

Os vazios assim como a maior presença das fibras que são hidrofílicas, contribuem ainda para o aumento da absorção de umidade ([ROY CHOWDHURY et al., 1992](#)), de modo que a energia das cargas térmicas absorvidas pelo compósito Md 10, sejam utilizadas na evaporação da água absorvida, conforme descrito por [Michels et al. \(2008\)](#), resultando em menores temperaturas superficiais quando comparadas às placas do tipo Grossa, cujas partículas do caroço de açaí não absorvem tanta umidade quanto as fibras.

4.2.4. Potencialidades de uso das placas de açaí com resina de mamona

A partir dos resultados encontrados para cada um dos tipos de compósitos produzidos, as propriedades físicas, mecânicas e térmicas apontam um perfil de potencialidade de uso na construção civil que varia conforme a composição das placas.

Vale ressaltar que para a Amazônia, especificamente em Manaus, a condição climática de altas temperaturas, umidade relativa do ar e nebulosidade, aliadas ao processo de expansão urbana com o surgimento de fenômenos de ilhas de calor ([BARBOSA et al, 2011](#); [SOUZA et al., 2015](#)) expressa uma forte necessidade de materiais adequados ao clima, em consonância com a necessidade de construções sustentáveis, incluindo o consumo de produtos regionais que contribuam para a redução das emissões de CO₂, e consequente mitigação da pegada de carbono das edificações ([ONU, 2015](#)).

Nesse sentido, como visualização síntese de cada placa produzida neste trabalho, estão apresentadas nas figuras de 43 a 47, as potencialidades de uso dos compósitos de resíduo de açaí e resina bicomponente de mamona, em construções na Amazônia.

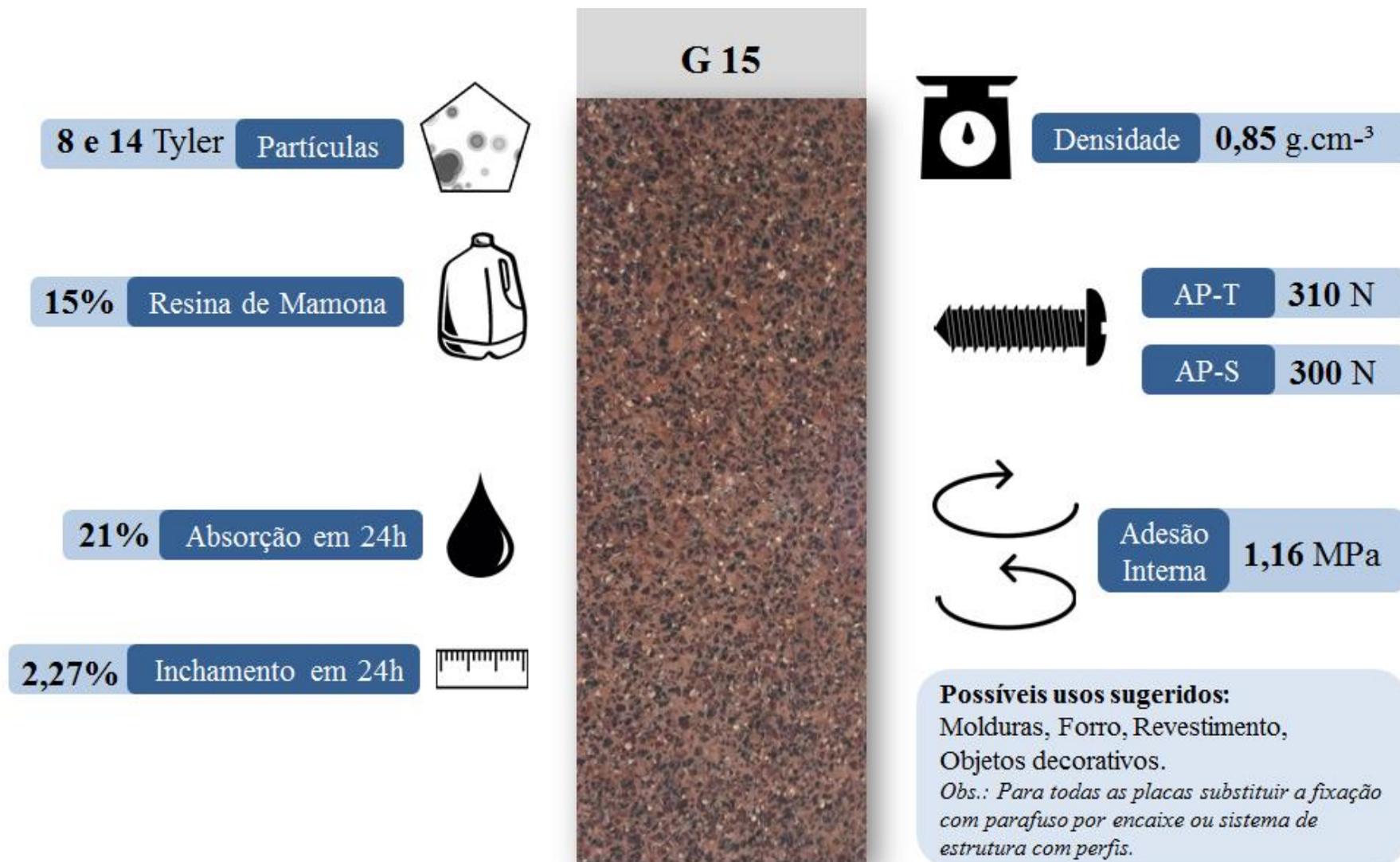


Figura 43 - Síntese dos resultados da Placa Grossa 15%

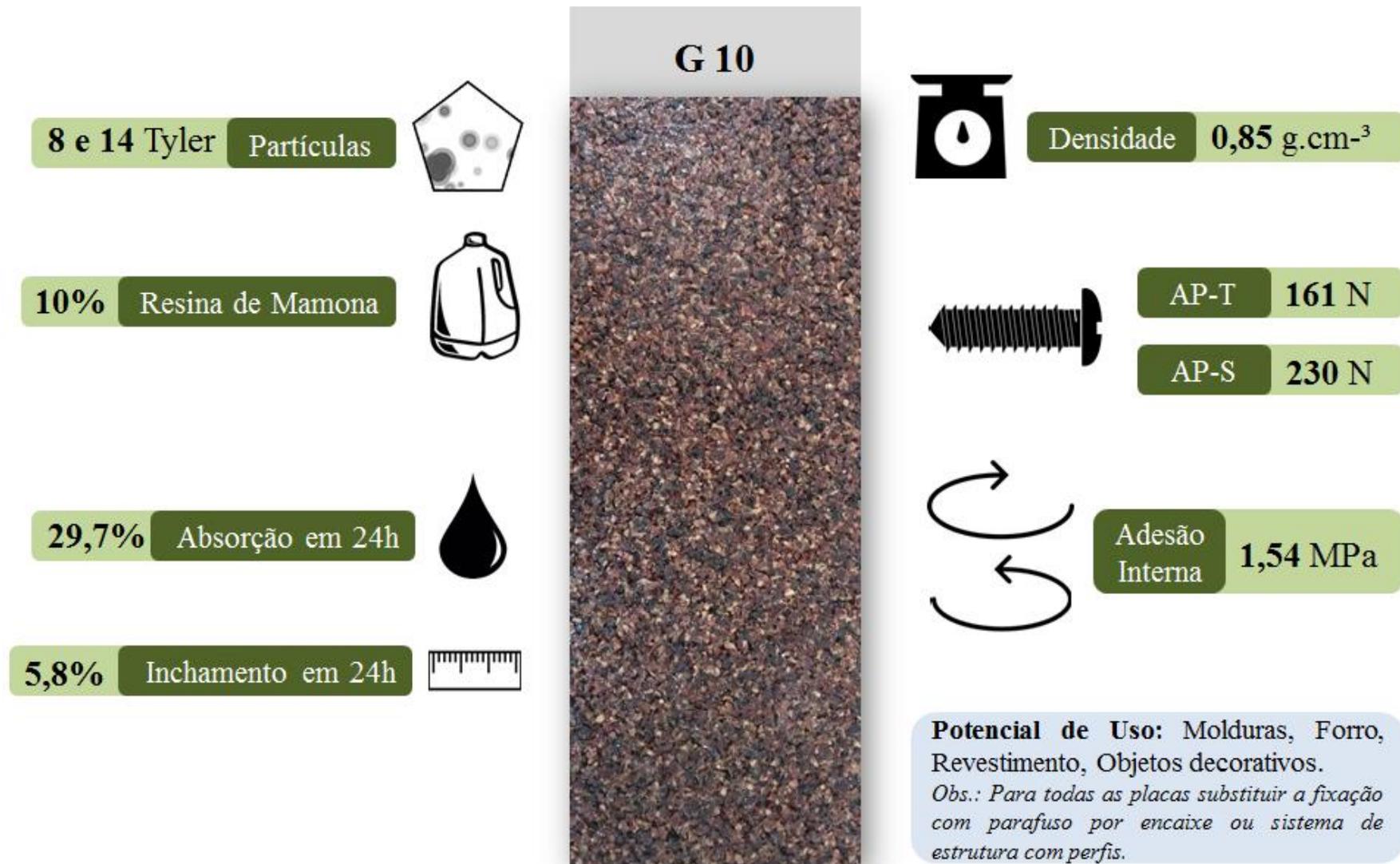


Figura 44 - Síntese dos resultados da Placa Grossa 10%

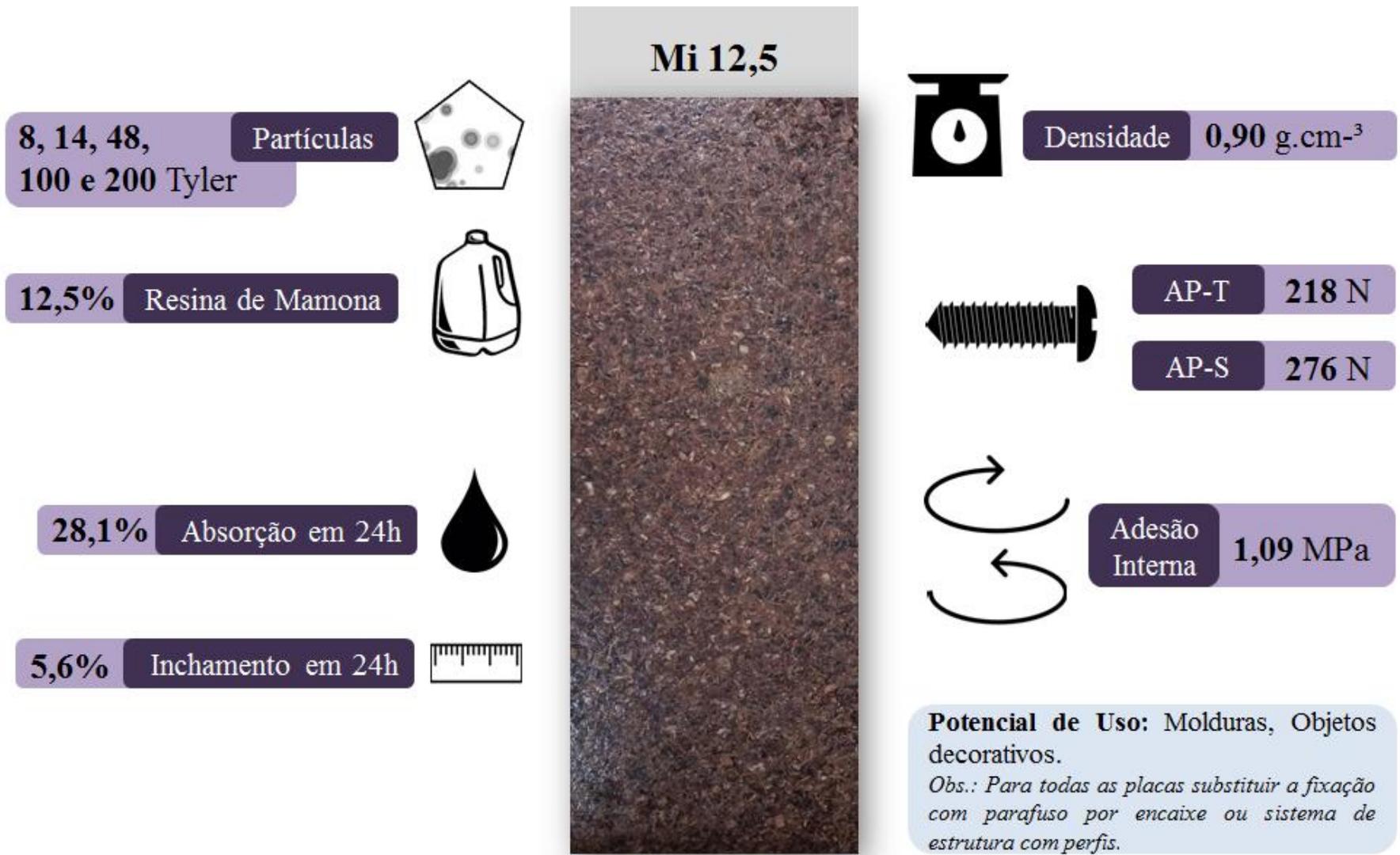


Figura 45 - Síntese dos resultados da Placa Misturada 12,5%

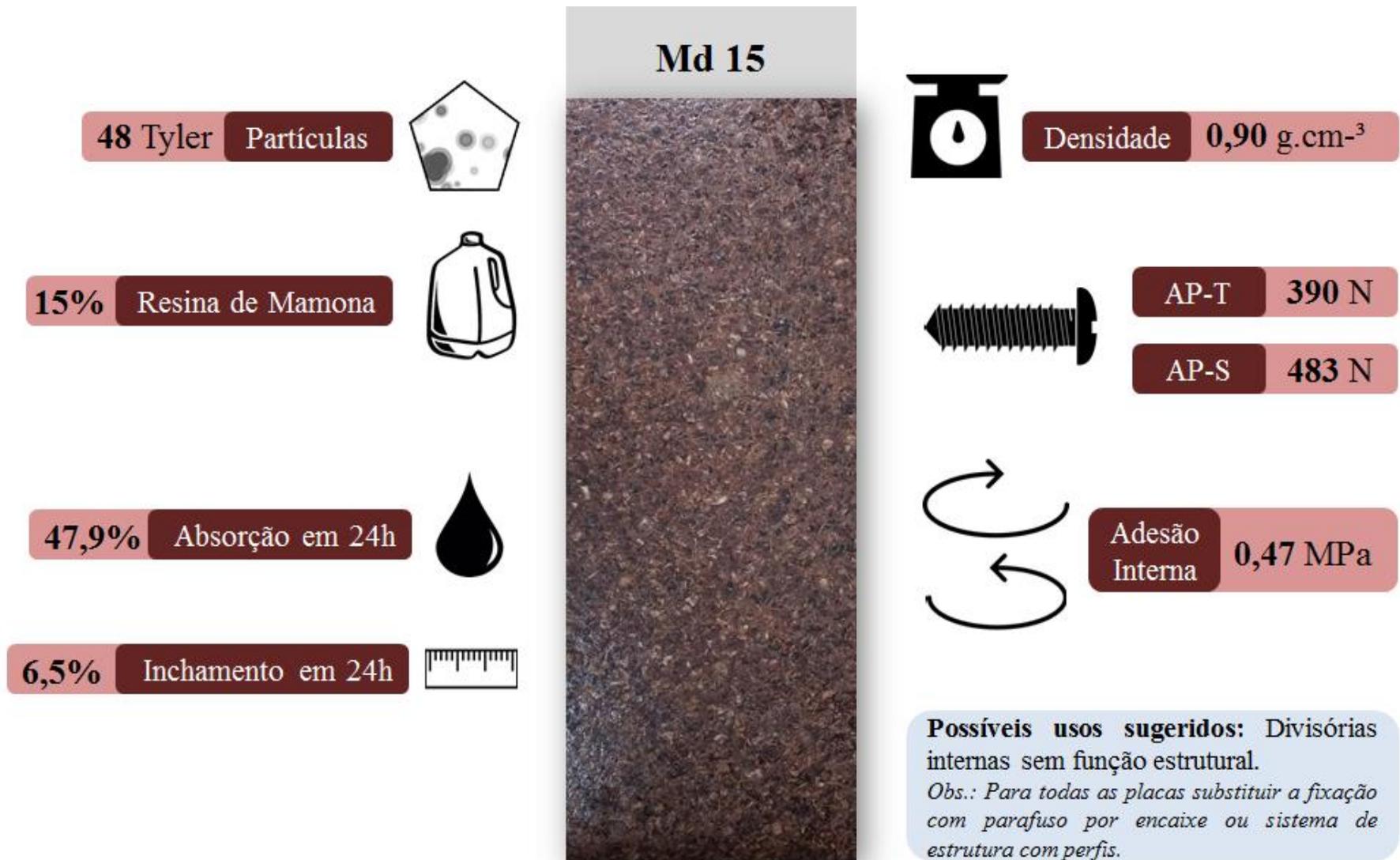


Figura 46 - Síntese dos resultados da Placa Média 15%

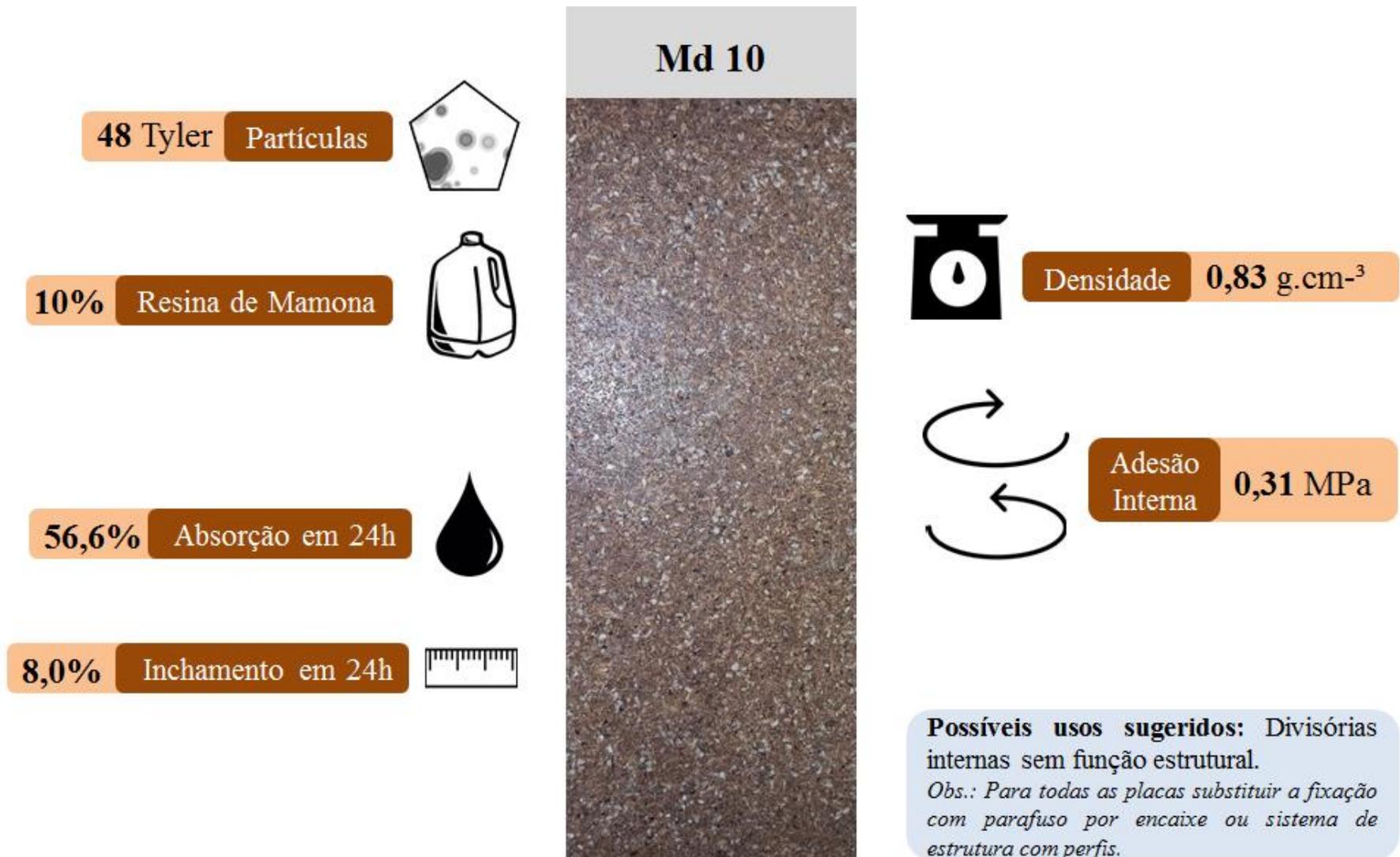


Figura 47 - Síntese dos resultados da Placa Média 10%

5 - CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e discutidos, pode-se afirmar que:

- O uso das partículas do resíduo de açaí potencializa a redução dos impactos ambientais gerados pela agroindústria, fornecendo a setores como da construção civil a possibilidade de produção de novos materiais mais ecológicos, contribuindo ainda para a mitigação das forçantes de desflorestamento da floresta Amazônia, substituindo uma parte da cadeia de consumo de madeira, por ações de reaproveitamento de materiais que geram indicadores de sustentabilidade nas edificações;
- A alta densidade dos painéis particulados evidencia o potencial de aplicação como forros, divisórias e portas, sendo este último uso adaptado para situações como molduras para elementos de arquitetura de interiores;
- Os baixos valores de variação dimensional observados nos ensaios de inchamento e absorção reforça o potencial de uso do caroço em sua totalidade, como matéria prima para a produção de placas, e não somente com o uso da fibra;
- Painéis de Grossa granulometria e 10% de resina (G10) são promissores para uso como forro, por apresentar a menor quantidade de resina e atender às normas para o ensaio de inchamento, absorção e tração perpendicular, embora tenha apresentado a maior temperatura superficial;
- As temperaturas superficiais dos painéis com granulometria Grossa indicam respostas de maior refletividade da radiação térmica incidente, que potencializam o conforto térmico de ambientes internos com forros eco-alternativos;
- Os painéis com granulometria Média têm aplicação indicada para divisórias internas sem função estrutural ou ainda como preenchimento das mesmas; e
- Os painéis particulados devem ser estruturados em encaixes com perfis metálicos ou processos de colagens pelo não atendimento das exigências normativas para de fixação com parafusos.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros, visando à continuidade do avanço do conhecimento científico, propõem-se:

- Este trabalho apresentou indicadores de respostas térmicas em compósitos com resíduo de açaí, servindo de subsídio para novos estudos que incorporem análises de temperatura superficial também da face interna das placas, para corroborar com estudos de índice de conforto térmico humano, além do registro de nebulosidade e condição ambiental do microclima;
- Estudar os 5 tipos de placa em situação de aplicação como forro em protótipos de construção objetivando conhecer as respostas de microclima e conforto térmico para as edificações na Amazônia;
- Analisar a durabilidade das placas por meio de ensaios de envelhecimento acelerado nas condições de temperatura e umidade características do clima da região; e
- Realizar pesquisas de desenvolvimento de potencialidades da placa do tipo Misturada, visto que esta contem o maior aproveitamento percentual do resíduo de açaí, abarcando todas as granulometrias estudadas.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 14810**: Painéis de partículas de média densidade. **Parte 3**: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2002. 32 p.

ABNT - Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. **Parte 3**: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 23 p.

ABNT - Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 14810**: Painéis de partículas de média densidade. **Parte 3**: Métodos de ensaio. RJ: ABNT, 2006. 51 p.

ABNT - Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 14810**: Painéis de partículas de média densidade. **Parte 2**: Requisitos e métodos de ensaio. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 81 p.

ABNT - Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 15316**: Painéis de fibras de média densidade. **Parte 2**: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 78 p.

ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLA, A.; LOPES, L. S.; CONCEIÇÃO, V.; TOMAZELLI, I. L. Análise termográfica da temperatura superficial de telhas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.1193-1198, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011001100013>.

AGUIAR, Madalena Otaviano; MENDONÇA, Maria Sílvia de. Morfo-anatomia da semente de *Euterpe precatoria* Mart. (Palmae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, n. 1, p.37-42, maio 2003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222003000100007 . Acesso em: 9 mar. 2016.

ALBINO, V. C. do S.; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Influência das características anatômicas e do teor de extrativos totais da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na qualidade da colagem. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 803-811, out.-dez., 2012.

ALONGE, Fernanda Aparecida; CHAMMA, Paula Valéria Coiado; ROCHA, Ricardo Ramos da. Produtos ecoeficientes na Arquitetura: A produção de painéis feitos a partir do compósito de plástico e casca de arroz. **Periódico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, São Paulo, v. 10, n. 1, p.13-27, jan. 2014.

ALTOÉ, L.; OLIVEIRA FILHO, D. Termografia infravermelha aplica à inspeção de edifícios. **Acta Tecnológica**, v.7, p.55-59, 2012.

BARBIRATO, Guilherme; FIORELLI, Juliano; BARRERO, Núbia Mireya Garzón; PALLONE, Eliria Maria de Jesus Agnolon; LAHR, Francisco Antonio Rocco; CRISTOFORO, André Luis; SAVASTANO JUNIOR, Holmer. Painel aglomerado híbrido de casca de amendoim reforçado com partículas de madeira Itaúba. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p.685-697, jul. 2014.

BARBOSA, Andrezza de M.; FRANCO, Irving M.; MARTORANO, Lucieta G.; MONTEIRO, Daiana C. A. Influência da verticalização na temperatura do ar e tetos verdes para mitigar o efeito térmico na grande Belém. In: XV Seminário de Iniciação Científica da Embrapa. Anais. Belém: Embrapa, 2011.

BARNABÉ, J. M. C.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; GUISELINI, C.; JACOB, A. L. Temperatura superficial de materiais utilizados para cobertura individual de bezerros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p.545-550, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-436620140005000012>.

BARREIRA, R. M. **Caracterização físico-química do endocarpo do açaí (*Euterpe oleracea mart.*) para aplicação em síntese de poliuretana**. 2009. 85 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Pará, UFPa, Belém, 2009.

BARROS, D. V.; SILVA, Lilian Kátia Ximenes; LOURENÇO JR., José de Brito; SILVA, Aluizio Otávio Almeida da; SILVA, André Guimarães Maciel e; FRANCO, Irving Montanar; OLIVEIRA, Carlos Magno Chaves; THOLON, Patrícia; MARTORANO, Lucieta Guerreiro; GARCIA, Alexandre Rossetto. Evaluation of thermal comfort, physiological, hematological, and seminal features of buffalo bulls in an artificial insemination station in a tropical environment. **Tropical Animal Health and Production**, p. 805-813, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11250-015-0792-9>.

BARROS NETO, Benício de; SCARMINIO, Ieda Spaciano; BRUNS, Roy Edward. **Como fazer experimentos: Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2001. 401 p.

BERTOLINI, M. da S.; NASCIMENTO, M. F. do; LAHR, F. A. R.. Eco-panels Based on Wastes from Urban Trees and Castor Oil Polyurethane Resin. **International Journal of Agriculture and Forestry**, v. 3, n.1, p.12-15, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5923/j.ijaf.20130301.03>.

BEZERRA, B. S.; VALARELLI, I. D.; BATTISTELLE, R. A. G.; ZUIM, A. de L.; BRANCO, L. A. M. N.; CHAHUD, E.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Physical and mechanical characteristic of particleboards produced with residues of sugarcane and stem leaves of bamboo bonded with castor oil adhesive. **Advanced Materials Research**, v. 1088, p.652-655, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1088.652>.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, [s.l.], v. 61, n. 358, p.178-

189, jun. 2015. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132015613581860>. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ce/v61n358/0366-6913-ce-61-358-00178.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2016.

CABRAL, C. P. T.; PEREIRA, B. L. C.; CARVALHO, D. M.; OLIVEIRA, A. C.; VITAL, B. R.; GOMES, C. M.; CARNEIRO, A. C. O. Efeito do Tipo de Chapa de Partículas nas Propriedades Físicas e Mecânicas. **Revista Floresta e Ambiente - Floram**. Vol. 23, Nº 1, 2016, pp. 118-123. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.030513>.

CALLISTER, William D. Jr.; RETHWISCH, David G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2012. 817 p.

CANEVAROLO JÚNIOR, S. V. **Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. 2ª ed. São Paulo: Artliber Editora. 2006

CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. **Condutas de Sustentabilidade no Setor Imobiliário Residencial**. São Paulo, 2011. 92 p. Disponível em: <http://www.secovi.com.br/files/Arquivos/caderno-de-sustentabilidade---online.pdf>. Acesso em 19 out. 2016.

CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. **Aspectos da construção sustentável no Brasil e promoção de políticas públicas**. São Paulo, 2014. 111 p. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/website/aspectos-construcao-sustentavel/show.asp?ppgCode=31E2524C-905E-4FC0-B784-118693813AC4>. Acesso em 19 out. 2016.

CHIERICE, G. O. Estudos de caracterização química e síntese de resinas poliuretanas utilizadas em bloqueio e pressurização em cabos telefônicos. In: **Encontro sobre materiais na indústria eletrônica e de telecomunicações Emiet**. 1984, CAMPINAS, SP, 1984.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Produção da mamona: Conjuntura mensal 2016**. Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em 10 out. 2016.

COSTA, R. G.; ANDREOLA, K.; MATTIETTO, R. de A.; FARIA, L. J. G. de; TARANTO, O. P. Effect of operating conditions on the yield and quality of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) powder produced in spouted bed. **LWT - Food Science and Technology**, v.64, p.1196-1203, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.027>.

CUNHA, Eduardo Grala da (Org.). **Elementos de arquitetura de climatização natural: método projetual buscando a eficiência nas edificações**. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2006. 188p.

DOREZ, G.; FERRY, L.; SONNIER R.; TAGUET A.; LOPEZ-CUESTA J. M. Effect of cellulose, hemicellulose and lignin contents on pyrolysis and combustion of natural fibers. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, 107, 2014, p. 323–331. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaap.2014.03.017>.

ELEOTÉRIO, J. R. **Propriedades físicas e mecânicas de painéis MDF de diferentes densidades e teores de resina**. 2000. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

EMBRAPA. **Lançado em Belém programa para expansão da cadeia do açaí**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/9300926/lancado-em-belem-programa-para-expansao-da-cadeia-do-acai>. Acesso em 14 de novembro de 2016.

FERRO, F. S.; ICIMOTO, F. H.; SOUZA, A. M. de; ALMEIDA, D. H.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Produção de painéis de partículas orientados (OSB) com *Schizolobium amazonicum* e resina poliuretana à base de óleo de mamona. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 1, p.313-320, jun. 2015. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr106/cap07.pdf>. Acesso em 26 jun. 2016.

FIGLIOLI, J.; LAHR, F. A. R.; NASCIMENTO, M. F. do; SAVASTANO-Jr. H.; ROSSIGNOLO, J. A. Painéis de partículas à base de bagaço de cana e resina de mamona: Produção e propriedades. **Acta Scientiarum: Technology**, Maringá, v. 33, n. 4, p.401-406, nov. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v33i4.9615>.

FROTA, A. Barros; SCHIFFER, S. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo: Ed. Studio Nobel, 2003.

HASELEIN, C. R.; CALEGARI, L. ; BARROS, M. V. ; HACK, C. ; HILLIG, E. ; PAULESKI, D. T. ; POZZERA, F. . Resistência mecânica e à umidade de painéis aglomerados com partículas de madeira de diferentes dimensões. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n.2, p. 127-134, 2002.

HILLIG, E. **Qualidade de chapas aglomeradas estruturais, fabricadas com madeiras de Pinus, Eucalipto e Acácia negra, puras ou misturadas, coladas com tanino-formaldeído**. 2000. 96p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Org.). **Produção da extração vegetal e silvicultura - 2014**. IBGE, Rio de Janeiro, v. 29, n. 1, p.1-56, jan. 2014. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2014_v29.pdf. Acesso em: 9 mar. 2016.

IDAM. LINS-NETO, N. F. A. **Dados de produção de açaí entre 2012-2015**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por andrezambarbosa@yahoo.com.br em 16 de junho, 2015.

IMAZON; SEBRAE. **Boas práticas para manejo florestal e agroindustrial** – Produtos florestais não madeireiros: Açaí, Andiroba, Babaçu, Castanha-do-Brasil, Copaíba e Unha-de-gato. Imazon e Sebrae, Belém, 2010. 66p. Disponível em: <http://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/livros/BoasPraticasManejo.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2016.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990 Versão revista e ampliada**. Brasília, 2010. 465 p.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Meteorológicos: Estações Automáticas**. 2016. Disponível no site: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso em 20 out. 2016.

IPCC, Intergovernmental Panel On Climate Change. **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation**. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. 582 p. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil**. São Paulo, 2013. Disponível em: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:MM561QoxKRcJ:www.ipt.br/download.php%3Ffilename%3D980-Catalogo_de_Madeiras_Brasileiras_para_a_Construcao_Civil.PDF+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em 19 out. 2016.

IWAKIRI, S.; VIANEZ, B. F.; WEBER, C.; TRIANOSKI, R.; ALMEIDA, V. C. Avaliação das propriedades de painéis aglomerados produzidos com resíduos de serrarias de nove espécies de madeiras tropicais da Amazônia. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 42, n. 1, p.59-64, jan. 2012a. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672012000100007>.

IWAKIRI, Setsuo; CUNHA, A. B.; PRATA, J. G.; BRAZ, R. L.; CASTRO, V. G.; KAZMIERCZAK, S.; PINHEIRO, E.; RANCATTI, H.; SANCHES, F. L. Produção de painéis compensados com lâminas de madeira de *Sequoia sempervirens* e resina ureiaformaldeído. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 4, p.809-816, out. 2012b.

JAWAID, M.; KHALIL, H. P. S. A.; KHANAM, P. N.; BAKAR, A. A. Hybrid Composites Made from Oil Palm Empty Fruit Bunches/Jute Fibres: Water Absorption, Thickness Swelling and Density Behaviours. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 19, n 1, p.106-109, mar. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10924-010-0203-2>.

KEELER, M.; BURKER, B. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010. 362p.

KELLY, M. W. Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard. Madison, WI: USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1977. 65p. (Gen Tech. Rep. FPL-10).

KOLLMANN, F.P.T.; KUENZI, E.W.; STAMM, A.J.; **Principles of wood science and technology II: wood based materials**. 2. ed. Berlin; Springer-Verlag, 1975. v. 2.

LAHR, Francisco Antonio Rocco; SAVASTANO JUNIOR, Holmer; FIORELLI, Juliano (Org.). **Non-conventional Building Materials based on agro-industrial wastes**. Bauru: Tiliform, 2015. p. 313-328. Disponível em: [http://www.usp.br/constrambi/arquivosdownload/Non-conventional Building Materials_ebook.pdf](http://www.usp.br/constrambi/arquivosdownload/Non-conventional_Building_Materials_ebook.pdf). Acesso em: 16 mar. 2016.

LAHR, Francisco Antonio Rocco; CHRISTOFORO, André Luis; SILVA, Carlos Eduardo Gomes da; ANDRADE JUNIOR, Jairo Ribas de; PINHEIRO, Roberto Vasconcelos. Avaliação de propriedades físicas e mecânicas de madeiras de Jatobá (*Hymenaea stilbocarpa* Hayne) com diferentes teores de umidade e extraídas de regiões distintas. **Revista Árvore** (Impresso), v. 40, p. 147-154, 2016.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: 3ª edição. Eletrobras/Procel. 2014. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Livro%20-%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20na%20Arquitetura.pdf>. Acesso em 1 ago. 2016.

LEÃO, Mirtânia Antunes. Fibras de Licuri: Um reforço alternativo de compósitos poliméricos. 2008. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008. Disponível em: <ftp://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/btd/MirtaniaAL.pdf>. Acesso em 1 nov. 2016.

LEÃO, N. V. M.; OHASHI, S. T.; FREITAS, A. D. D. de; NASCIMENTO; M. R. S. M. do; SHIMIZU, E. S. C.; REIS, A. R. S.; GALVÃO-Filho, A. F.; SOUZA, D. de. **Colheita de Sementes e Produção de Mudanças de Espécies Florestais Nativas**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 52p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 374). Disponível em: http://www.projetobiomas.com.br/sites/default/files/biomateca/documentos_-_colheita_de_sementes_e_producao_de_mudas_-_noemi.pdf. Acesso em: 11 set. 2015.

LIMA, C. K. P.; MORI, F. A.; MENDES, L. M.; CARNEIRO, A. de C. O. Características anatômicas e química da madeira de clones de *Eucalyptus*. **Cerne**. Lavras, v. 13, n. 2, p. 123-129, abr./jun. 2007.

LIMA, Mirian Dayse Furtado. **Utilização de resíduos da espécie *Dipteryx polyphylla* (Cumarurana), *Dipteryx odorata* (Cumaru) e *Brosimum parinarioides* (Amapá) na produção de painéis de madeira aglomerada com resina poliuretana à base de óleo da**

mamona. 2012. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012.

LIMA, M. D.; VASCONCELOS, R. P. de; GIACON, V. M.; LAHR, F. A. R. Avaliação das Propriedades Química, Física e Mecânica de Painéis Aglomerados Produzidos com Resíduo de Madeira da Amazônia - Cumaru (*Dipteryx Odorata*) e Resina Poliuretana à Base de Óleo de Mamona. **Polímeros**, São Carlos, v. 24, n. 6, p.726-732, jun. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-1428.1594>.

LIMA, A. M. de; CHRISTOFORO, A. L.; FARIA, L. J. G. de; PANZERA, T. H.; BARRERO, N. G.. Influence of alkaline mercerization of treatment in the tensile strength of Açaí fiber. In: LAHR, F. A. R.; SAVASTANO JUNIOR, H.; FIORELLI, J. **Non-conventional Building Materials based on agro-industrial wastes**. Bauru: Tiliform, 2015. p. 125-142. Disponível em: http://www.usp.br/constrambi/arquivosdownload/Non-conventionalBuildingMaterials_ebook.pdf. Acesso em: 21 ago. 2016.

LOPES, Edmar Maria Lima. **Desempenho térmico da espuma poliuretana a base de óleo de mamona utilizada em componentes da edificação (subcoberturas): estudo em Ilha Solteira, SP**. 2009. 2009 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Arquitetura e Construção, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

MACEDO, L. B. de; FERRO, F. S.; VARANDA, L. D.; CAVALHEIRO, R. S.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Propriedades físicas de painéis aglomerados de madeira produzidos com adição de película de polipropileno bi-orientado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 7, p.674-679, jun. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n7p674-679>.

MACHADO, N.S.; TINÔCO, I. F. F.; ZOLNIER, S.; MOGAMI, C. A.; Damasceno, F. A.; ZEVIANI, W. M. Resfriamento da cobertura de aviários e seus efeitos na mortalidade e nos índices de conforto térmico. **Revista Nucleus**, v.9, p-59-73, 2012.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing**. San Francisco: Miller Freeman, 1989. 672 p.

MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H. C.; Pessoa, J. D. C. Comportamento Térmico e Caracterização Morfológica das Fibras de Mesocarpo e Caroço do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Fruticultura** (Impresso), v. 31, p. 1150-1157, 2009. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452009000400032>.

MARTORANO, L.G.; PEREIRA, L.C.; COSTA, A.C.L. da Variabilidade da Precipitação pluviométrica em Belém-Pará Associada ao Fenômeno “EL NIÑO”. In: **Anais do VII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, São Paulo, 1992.

MELO, R. R. de; STANGERLIN, D. M.; SOUSA, A. P. de; CADEMARTORI, P. H. G. de; SCHNEID, E. Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados madeira-bambu. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 1, p.35-42, jan. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20120970>.

MESQUITA, Antonio de Lima. **Estudos de processos de extração e caracterização de fibras do fruto do Açaí (*Euterpe oleracea* MART.) da Amazônia para produção de ecopainel de partículas homogêneas de média densidade**. 2013. 166 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Pará, UFPa, Belém, 2013.

MESQUITA, A. de L.; CHRISTOFORO, A. L.; FARIA, L. J. G. de; PANZERA, T. H.; BARRERO, N. G. Influence of alkaline mercerization of treatment in the tensile strength of açai fiber. In: LAHR, Francisco Antonio Rocco; SAVASTANO JUNIOR, Holmer; FIORELLI, Juliano. **Non-conventional Building Materials based on agro-industrial wastes**. Bauru: Tiliform, 2015. p. 313-328.

MICHELS, C.; LAMBERTS, R.; GUTHS, S. Evaluation of heat flux reduction provided by the use of radiant barriers in clay tile roofs. **Energy and Buildings**, v.40, p.445-451, 2008.

MILAGRES, E. G.; VITAL, B. R.; DELLA LÚCIA, R. M.; PIMENTA, A. S. Compósitos de partículas de madeira de *Eucalyptus grandis*, polipropileno e polietileno de alta e baixa densidades. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.3, p.463-470, 2006.

MIRANDA, C. S.; FIUZA, R. P.; CARVALHO, R. F.; JOSÉ, N. M. Efeito dos tratamentos superficiais nas propriedades do bagaço da fibra de piaçava (*Attalea funifera Martius*). **Química Nova**, v. 38, Nº. 2, p. 161-165, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140303>.

MORAES, José Reinaldo da Silva Cabral de; OLIVEIRA, Cyntia Meireles de; FERREIRA, Edileina Monteiro; MORAES, Liliane da Silva Cabral de. Análise do poder germinativo de sementes de Açaí (*Euterpe oleracea* MART.), em diferentes tipos de tratamentos, utilizando serragem como substrato. In: **64ª Reunião Anual da SBPC**, São Luiz, Maranhão, 2012. Anais... São Luiz, SBPC, 2012. Disponível em <http://www.sbpcnet.org.br/livro/64ra/resumos/resumos/7203.htm> . Acesso em: 11 set. 2015.

MOTHÉ, Cheila Gonçalves; AZEVEDO, Aline Damico de. Análise térmica de materiais. Editora Artliber, 2009. 324p.

ONU. Assembleia Geral das Nações Unidas. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (ODS)**. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em 9 nov. 2016.

PAES, Juarez Benigno; NUNES, Shirley Tavares; LAHR Francisco Antônio Rocco; NASCIMENTO, Maria de Fátima; LACERDA, Roberta Maria de Albuquerque. Qualidade de chapas de partículas de *Pinus elliottii* coladas com resina poliuretana sob diferentes combinações de pressão e temperatura. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p.551-558, jul. 2011. Disponível em: <http://www.bioline.org.br/pdf?cf11055>. Acesso em: 18 mar. 2016.

PAN, Y.; ZHONG, Z. The effect of hybridization on moisture absorption and mechanical degradation of natural fiber composites: An analytical approach. **Composites Science and Technology**, China, v. 110, p.132-137, apr. 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.compscitech.2015.02.005>.

PEREIRA, Edivan Nascimento; RODRIGUES JÚNIOR, Valdemar Carneiro. **Carvão do caroço de açaí (*Euterpe oleracea*) ativado quimicamente com Hidróxido de sódio (NaOH) e sua eficiência no tratamento de água para o consumo**. Moju: Ccim, 2013. 24 p. Disponível em: http://estatico.cnpq.br/portal/premios/2013/pjc/imagens/publicacoes/ganhadores/EnsinoMedio/1Lugar_1671_Edivan_Nascimento_Pereira.pdf. Acesso em: 10 mar. 2016.

POLETTI, M.; ORNAGHI JÚNIOR, H. L.; ZATTERA, A. J. Native Cellulose: Structure, Characterization and Thermal Properties. **Materials**, Nº 7, p. 6105-6119, 2014. DOI <http://dx.doi.org/10.3390/ma7096105>.

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS. São Paulo: 2012, 32 p. Disponível em: <http://www.cidadessustentaveis.org.br/downloads/publicacoes/publicacao-programa-cidades-sustentaveis.pdf>. Acesso em 5 set. 2016.

QUIRINO, Magnólia Grangeiro Quirino. **Estudo de matriz polimérica produzida com resina natural e fibra da semente de açaí (*Euterpe precatória*)**. 2010. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Amazonas, UFAM, Manaus, 2010.

RAMBO, M. K. D.; RAMBO, M. C. D. ; RODRIGUES, K. ; ALEXANDRE, G. P. Study of thermo-gravimetric analysis of different lignocellulosic biomass using principal component analysis. **Ciência e Natura**, v. 37, p. 862-868, 2015. Disponível em: <http://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/18332/pdf>. Acesso em 28 ago. 2016.

RAUBER, Renata. **Caracterização de painéis aglomerados com madeira de eucalipto e sólidos granulares de poliuretano**. 2011. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

ROY CHOWDHURY. Toxicological assessment of reproductive health in occupation and community environment Proc. **Zool. Soc.**, 45 (1992), pp. 103–114.

SALAZAR, Vera Lúcia Pimentel; LEÃO, Alcides Lopes. Aproveitamento da fibra de coco com látex para aplicação em assentos automobilísticos. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ABES-RS, 2000.

SCHEIRS J., Compositional and Failure Analysis. A Practical Approach. **Chichester**: John Wiley; 2000.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Org.). Boletim: **Produtos à base de açaí brasileiro já agregam versões em diferentes setores**. SEBRAE, Brasília, v. 1, n. 1, p.1-14, jan. 2015a. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/9f56e28eb2f2bb90496a1a44becc47ad/\\$File/5829.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/9f56e28eb2f2bb90496a1a44becc47ad/$File/5829.pdf). Acesso em: 9 mar. 2016.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Org.). Boletim: **Produção nacional de açaí**. SEBRAE, Brasília, 2015b. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/64153228c3c444bcdb587b6b501fa076/\\$File/5827.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/64153228c3c444bcdb587b6b501fa076/$File/5827.pdf). Acesso em 2 out 2016.

SILVA, R.V., SPINELLI, D.; BOSE, F. W.W.; CLARO, N. S.; CHIERICE, G.O.; TARPANI, J.R.; Fracture toughness of natural fibers/castor oil polyurethane composites. **Composites Science and Technology**. 66 1328-1335. 2006.

SILVA, R.; HARAGUCHI, S. K.; MUNIZ, E. C.; RUBIRA, A. F. Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos. **Química Nova**, Maringá, v. 32, n. 3, p.661-671, abr. 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000300010>.

SILVA, Sérgio Augusto Mello da et al. Painéis MDF produzidos com resina poliuretana à base de óleo de mamona. **Vértices**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 1, p.7-20, jan. 2013a.

SILVA, S. A. M. da; CHRISTOFORO, A. L.; PANZERA, T. H.; ALMEIDA, D. H. de; SEGANTINI, A. A. da S.; LAHR, F. A. R. Painéis de partículas de madeira leucena e resina poliuretana derivada de óleo de mamona. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 8, p.1399-1404, ago. 2013b. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v43n8/a21413cr2012-0477.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2016.

SILVA, Gilmar Correia. **Qualidade de painéis aglomerados produzidos com adesivos à base de lignosulfonato e ureia-formaldeído**. 2015. 90 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Ambientais e Florestais, Instituto de Florestas, Ufrj, Seropédica, 2015. Disponível em: <http://r1.ufrj.br/wp/ppgcaf/wp-content/uploads/Tese Versão para Patente Gilmar Correia Silva 2015.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2016.

SOBRAL, Leonardo; VERÍSSIMO, Adalberto; LIMA, Eirivelthon; AZEVEDO, Tasso; SMERALDI, Roberto. **Acertando o alvo 2: consumo de madeira amazônica e certificação florestal no Estado de São Paulo**. Belém: Imazon, 2002. 72p.

SOUZA, D. O.; NASCIMENTO, M. G.; ALVALÁ, R. C. dos S. Influência do crescimento urbano sobre o microclima de Manaus e Belém: Um estudo observacional. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V. 08 N. 04 (2015) 1109-1124.

SPINACÉ, M. A. S.; JANEIRO, L. G.; BERNARDINO, F. C.; GROSSI, T. A.; DE PAOLI, M. A. Poliolefinas Reforçadas com Fibras Vegetais Curtas: Sisal vs. Curauá. **Polímeros**, Campinas, v. 21, n. 3, p.168-174, jan. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282011005000036>.

SURIANI, M. J.; ALI, A.; KHALINA, A.; SAPUAN, S. M.; ABDULLAH, S. Detection of Defects in Kenaf/Epoxy using Infrared Thermal Imaging Technique. **Procedia Chemistry**, v.4, 2012, Pages 172-178. <http://dx.doi:10.1016/j.proche.2012.06.024>.

TAPPI. **T 204 cm-97. Solvent extractives of wood and pulp**. 1997, 4 p. Disponível em: <<http://www.tappi.org/Bookstore/Standards-TIPs/Standards/Fibrous-Materials/Solvent-Extractives-of-Wood-and-Pulp-Test-Method-T-204-cm-07.aspx>>. Acesso em: 17 nov. 2016.

TAPPI. **T 211 om-02. Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525°C**. 2002, 5p. Disponível em: <<http://cnr.ncsu.edu/wpsanalytical/documents/T211.PDF>>. Acesso em: 17 nov. 2016.

TAPPI. **T222 om-02. Acid-insolub lignin in wood and pulp**. 2002, 5p. Disponível em:<<http://www.tappi.org/content/SARG/T222.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2016.

UN-HABITAT. **World cities report 2016: Urbanization and development – Emerging futures**. 2016. Disponível em: <http://unhabitat.org/books/world-cities-report/>. Acesso em 19 out. 2016.

VARANDA, Luciano Donizeti. **Produção e avaliação do desempenho de painéis de partículas de *Eucalyptus grandis* confeccionados com adição de casca de aveia**. São Carlos: USP, 2012. 156. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais).

VASCONCELOS, Raimundo Pereira de; MELO FILHO, João de Almeida; SANTOS, Flávia Regina Silva dos; QUIRINO, Magnólia Grangero; MARQUES, Maria Gorett dos Santos. Use of amazon vegetable fibers waste and woods for the production of polymeric composites. In: LAHR, Francisco Antonio Rocco; SAVASTANO JUNIOR, Holmer; FIORELLI, Juliano (Org.). **Non-conventional Building Materials based on agro-industrial wastes**. Bauru: Tiliform, 2015. p. 313-328. Disponível em: [http://www.usp.br/constrambi/arquivosdownload/Non-conventional Building Materials_ebook.pdf](http://www.usp.br/constrambi/arquivosdownload/Non-conventional_Building_Materials_ebook.pdf). Acesso em: 16 mar. 2016.

WRAY, C.; AKBARI, H. The effects of roof reflectance on air temperatures surrounding a rooftop condensing unit. **Energy and Buildings**, v.40, p.11-28, 2008.

WILLFÖR, S. M.; SMEDS, A. I.; HOLMBOMA, B. R. Chromatographic analysis of lignans. **Journal of Chromatography A**, v.1112, p.64-77, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chroma.2005.11.054>.

YAN, Libo.; KASAL, Bohumil; HUANG, Liang. A review of recent research on the use of cellulosic fibres, their fibre fabric reinforced cementitious, geo-polymer and polymer composites in civil engineering. **Composites Part B: Engineering**, Volume 92, 1 May 2016, Pages 94–132. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.02.002>.

ZANUNCIO, A. J. V.; COLODETTE, J. L. Teores de lignina e ácidos urônicos na madeira e polpa celulósica de Eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.2, p.341-347, 2011.

ZAU, M. D. L.; VASCONCELOS, R. P. de; GIACON, V. M.; LAHR, F. A. R. Avaliação das Propriedades Química, Física e Mecânica de Painéis Aglomerados Produzidos com Resíduo de Madeira da Amazônia - Cumaru (*Dipteryx Odorata*) e Resina Poliuretana à Base de Óleo de Mamona. **Polímeros**, São Carlos, v. 24, n. 6, p.726-732, jun. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-1428.1594>.

ANEXO



Plural Indústria e Comércio de Produtos Químicos Ltda

Rua Vicente D'Aquino, 60/70 – Jd. Ricetti
13570-060 – São Carlos – SP
(16)3361-2159 pluralquimica@uol.com.br

Sistema de Poliuretano F 0911/E 0921

DESCRIÇÃO DO SISTEMA

LECOPOL F 0911 – Componente A

Derivado vegetal para obtenção de resina de poliuretano.

LECOPOL E 0921 – Componente B

Isocianato aromático para obtenção de resina de poliuretano.

PREPARO DO SISTEMA

- O sistema possui dois componentes, A (poliól) e B (isocianato), que devem ser misturados no momento da utilização.
- ***Misture 2 partes, em massa do componente A para 1 parte do componente B;***
- Efetuar primeiro a homogeneização do componente A separado, antes da mistura com o componente B.
- Em seguida proceder à mistura dos componentes A e B nas quantidades necessárias para a aplicação, durante 3-5 minutos.
- Misture quantidades pequenas dos produtos. Preferencialmente o que vai ser utilizada em 15 minutos no máximo.
- Após a mistura do componente B, a reação de polimerização se inicia imediatamente e não cessa.

ESTOCAGEM DOS PRODUTOS

Armazenar em local coberto seco e longe de fontes de calor, nas embalagens originais e intactas. A validade é de 3 (três) meses, desde que esteja adequadamente estocado.

LIMPEZA DE FERRAMENTAS UTILIZADAS NA APLICAÇÃO

Antes da cura, utilizar xilól, acetato de etila, ou a mistura de ambos. Após a cura, somente com limpeza mecânica.

RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA

- Diluir só com solventes especiais para poliuretanos
- Não aplicar em superfícies úmidas
- Manter as embalagens fechadas, longe de fonte de calor, e fora do alcance de crianças e animais.
- Manter o ambiente ventilado durante aplicação e secagem.
- Utilizar EPIs adequados para a manipulação e aplicação (óculos de segurança, luvas, máscara protetora).
- Em caso de contato com a pele ou olhos, lavar com água em abundância, em caso de ingestão procurar imediatamente um médico informando sobre o tipo de produto ingerido, descrito na ficha técnica dos produtos.

“ATENÇÃO: As informações e recomendações do fabricante se referem a um produto específico e seu uso adequado, ou seja, o fabricante só responde por elas, desde que usado para o fim a que se destina. Deve ser observada atentamente a forma correta de manuseio, a finalidade do produto e descarte de eventuais resíduos, sob pena de isenção total de responsabilidade do fabricante por danos ou indenizações de qualquer espécie – ART. 12, § 3º, III da Lei 8.078/90.”

FICHA TÉCNICA DOS PRODUTOS

FICHA TÉCNICA – COMPONENTE A

1. Descrição

- **Produto:** Poliól para obtenção de poliuretanas, derivado de óleos vegetais. Pode possuir cargas minerais e pigmentos.
- **Aspecto:** Líquido colorido, com odor característico.
- **Densidade:** 1,0 – 1,2 (aproximadamente).

2. Riscos

Fogo: Produto não inflamável.

Saúde: Produto pouco irritante para pele e olhos. Pode causar irritação em contatos prolongados com a pele.

Meio Ambiente: Não causa efeitos adversos para o meio ambiente. Águas residuais para incêndio não causam poluição. Solúvel em água, com resíduos biodegradáveis.

3. Em caso de acidente

Vazamento: Utilizar material absorvente e descarte de acordo com as Leis locais. O local pode ser limpo com água e detergente.

Fogo: Extinção com espuma, CO₂, pó químico e água.

4. Envolvimento de pessoas

Em caso de ingestão e inalação não provoque vômito. Procurar orientação médica. Em contato com pele e olhos: Lavar com água e sabão neutro em abundância.

5. Informações ao médico

O produto não possui antídoto específico, proceder com tratamento sintomático. Pouco tóxico por ingestão.

FICHA TÉCNICA – COMPONENTE B

1. Descrição

- **Produto:** Isocianato di ou polifuncional. Contém mistura e 4,4'difenilmetano diisocianato.
- **Aspecto:** Líquido marrom escuro
- **Densidade:** 1,24 (aproximadamente)

2. Riscos

Fogo: Produto não inflamável.

Saúde: Produto irritante para pele e olhos. Pode causar irritação em contatos prolongados com a pele. Evite contato prolongado.

Meio Ambiente: Insolúvel em água, com a qual reage liberando CO₂. Produz resíduo inerte e não-biodegradável.

3. Em caso de acidente

Vazamento: Utilizar material absorvente e descarte de acordo com as Leis locais. Descontamine o local com solução contendo 0,5% de detergente e 5% de hidróxido de amônio (5-10% de carbonato de sódio pode ser utilizado.)

Fogo: Extinção com espuma, CO₂, e pó químico e água.

4. Envolvimento de pessoas

Em caso de ingestão e inalação, não provoque vômito. Procurar orientação médica. Em contato com pele e olhos: Lavar com água e sabão neutro em abundância.

5. Informações ao médico

O produto não possui antídoto específico, proceder com tratamento sintomático. LD oral > 5.000 mg/Kg.