

## 1. INTRODUÇÃO

Os produtos com capacidade adesiva são muito importantes na vida do ser humano, pois são muito úteis no mais diversos setores econômicos, como indústrias, residências, comércio e uso pessoal. Sendo que estes usos são históricos e até pode-se dizer que a evolução das colas coincide com a evolução humana, pois os primeiros adesivos foram fabricados com o uso de matéria-prima animal ou vegetal em processos rudimentares. Conforme a sociedade humana avançou no uso de tecnologias, novas colas foram produzidas, como é o caso dos adesivos reativos (SOUSA, 2008).

O que define uma cola é a sua reconhecida capacidade de adesão, que pode servir tanto para superfícies específicas, como para unir substratos genéricos e variados. Existem colas com conferem características ao produto final, como biodegradabilidade, impermeabilidade ou que se classificam por reagirem com o material em que será aplicado, com o oxigênio presente no ar atmosférico ou mesmo com algum aditivo que produza o poder adesivo (WANDSCHEER, 2015).

O processo de colagem pode ser tanto um fenômeno químico, quanto um fenômeno físico, que ocorre com aquelas colas que não sofrem reações químicas e sim apenas evaporação de um solvente, que ao abandonar o material, faz com que as moléculas da cola se unam e interajam com a superfície a ser colada (WANDSCHEER, 2015).

Um fato que faz com que os adesivos em geral sejam tão presentes na vida do ser humano é a elevada disponibilidade e possibilidade de matérias-primas distintas que podem ser utilizadas no fabrico destes compostos. Isto faz com que as colas tenham uma diversidade muito grande no tocante ao custo e complexidade de produção. Assim, para tornar o produto de uso amplo a toda a sociedade, sempre se busca novas fontes de matéria prima para a confecção das colas.

Uma das substâncias mais utilizadas nos dias de hoje e que foi uma das primeiras matérias-primas colantes conhecidas pelo ser humano é o amido, que após sofrer reação de gelatinização em meio aquoso, sob aquecimento brando, gera um composto com alta capacidade colante após a secagem do solvente (MELO et al, 2007).

Essas colas amiláceas tem o inconveniente de serem bastante hidrofílicas, ou seja, são úteis para superfícies com esta propriedade, como papel. Mas em ambientes saturados de umidade, o poder adesivo do produto é bastante reduzido. Então, verifica-se que para agregar valor comercial ao produto, deve-se acrescentar aditivos para melhorar suas propriedades, como aumentar sua durabilidade (já que este polissacarídeo é fonte de alimento para muitas espécies de microrganismos), elasticidade, afinidade com substratos específicos e mesmo solubilidade em água.

Com a finalidade de aumentara resistência a umidade, uma substância que pode ser utilizada é a melamina, por tratar-se de um monômero que ao polimerizar torna-se um composto bastante hidrofóbico e devido a esta propriedade pode reduzir a solubilidade da cola amilácea em meio aquoso. Com vista nesta situação, comercial e industrialmente, a resina melamina-formaldeído é muito utilizada devido a sua afinidade com o amido (KINLOCH, 1987).

Desta forma, o presente trabalho visa a elaboração de uma cola a partir do mesocarpo de babaçu, que é um composto natural extraído do coco babaçu e que possui cerca de 60% de sua composição mássica proveniente de amido. De posse deste material, deve-se preparar uma resina melamina-formaldeído com suficiente estabilidade e afinidade com a cola produzida a fim de que ao serem misturadas, crie-se uma cola impermeável.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Desenvolver e caracterizar uma cola impermeável proveniente da mistura de amido branqueado e gelatinizado, extraído do mesocarpo de babaçu, com aditivo de resina melamina- formaldeído.

### **2.2 Objetivo Específico**

- Extrair amido do mesocarpo de babaçu;
- Branquear o amido extraído;
- Verificar as melhores condições de gelatinização do amido;
- Analisar a preparação de resina melamina-formaldeído;
- Estudar a formulação de uma cola impermeável;
- Caracterizar a cola;
- Aplicar a cola em diferentes substratos e verificar sua eficiência.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 BABAÇU

O babaçu, *Orbignya sp*, vegetal da família *Acaraceae* [*Palmae*], é uma palmeira oleaginosa típica das regiões norte, nordeste e central do Brasil, que produz um fruto denominado coco babaçu, coco de macaco, aguaça ou uauçu. Este vegetal produz cachos que variam, em quantidade, de 4 a 25, e em cada um destes existe uma grande quantidade de cocos, que oscilam em valores em torno de cem (SOUSA, 2008). Estas árvores podem atingir uma altura aproximada de 20 m. Apresentam um tronco cilíndrico e a copa em forma de taça. As diversas espécies deste vegetal podem ser encontradas em variados tipos de solo e climas, que vão do semiárido tropical ao tropical úmido com baixo déficit hídrico. Cada árvore pode produzir em média 2.000 frutos por ano em uma sazonalidade que compreende os meses de junho a janeiro (CRUZ & COELHO, 2006). Os cocos possuem casca muito dura e dimensões entre 6 e 13 cm de comprimento (TEIXEIRA & MILANEZ, 2003), o que dificulta seu ataque por predadores, que precisam aplicar uma pressão superior a 5 toneladas métricas para quebrá-los (CRUZ & COELHO, 2006).

O babaçu, que na natureza encontra-se na forma de uma coletividade de árvores denominada babaçual, tem como zona de ocorrência frequente as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil, sendo que sobretudo na região Nordeste, existe um bioma intermediário entre a floresta Amazônica e a caatinga, denominado de Mata dos Cocais, onde existem as melhores condições para o desenvolvimento dessa espécie vegetal (EMBRAPA, 1984). Uma prova disso é que somente a região Nordeste possui uma área de cerca de 14 milhões de hectares com babaçu, sendo que a maior parte (54,2%) se concentra no Estado do Maranhão (BATISTA *et al*, 2006). Na floresta de mata seca da Amazônia oriental, principalmente no Maranhão, destacam-se os babaçuais ou cocais de *Orbignya sp*, que é uma das palmeiras brasileiras mais importantes (AMORIM *et al.*, 2006). A região é considerada a de maior concentração de plantas oleaginosas do mundo e fonte da maior produção extrativista vegetal do país (MELO, 2007).

O babaçu, segundo a etimologia da palavra, vem do Tupi-guarani e significa “fruto grande”. É um fruto do tipo drupa, possuindo formato intermediário entre elipsoidal e cilíndrico, e apresenta massa entre 90 a 280 g por unidade. Popularmente é conhecido como “coco” ou “coquinho” e ao ser quebrado pode ser dividido em quatro partes:

a) Epicarpo (camada externa fibrosa e rija), que corresponde de 12 a 18% em massa do coco, é também conhecido como ouriço. Trata-se de um material rico em fibras lignocelulósicas que tem como utilidade a produção de combustível industrial (EMBRAPA, 2007);

b) Mesocarpo (camada intermediária, que fica entre o epicarpo e o endocarpo), representa entre 17 e 22% da composição mássica do coco. É um material fibroso, rico em amido e tanino, sendo muito utilizado na produção de rações e indústria de álcool etílico (EMBRAPA, 2007);

c) Endocarpo (camada interna lenhosa, onde ficam alojadas as amêndoas) é um material rijo e de elevada resistência, tendo em sua composição: sílica, fósforo, ferro, magnésio e metais alcalinos. O lignito pode ser utilizado na produção de peças aglomeradas, possíveis de serem empregadas como substituto de madeiras, na indústria de móveis e nas construções civis (EMBRAPA, 2007);

d) Amêndoa (de cor branca, coberta por uma película de cor castanha, de 3 a 4 por fruto), apresenta o percentual em massa de 6 a 8 % do total do fruto, sendo composta por: 7,25% de proteína, 66,00% de óleo, 18,00% de carboidratos e 7,80% de materiais minerais. Da extração do óleo das amêndoas, resulta torta utilizável para ração de animais (EMBRAPA, 2007)

O coco babaçu é uma importante fonte de renda para muitas famílias nas regiões em que esta palmeira é endêmica. Famílias realizam extrativismo vegetal, de forma sustentável, ao recolher os frutos que caem das árvores (WANDSCHEER, 2015).

Com o auxílio de instrumentos bastante rudimentares, os catadores de coco quebram as porções epicarpo, mesocarpo e endocarpo (que é extremamente dura) e retiram as amêndoas que são comercializadas na forma in natura ou já como azeite. Entretanto, o valor agregado destes produtos é muito baixo, fato que faz com que as pessoas que vivem da coleta e quebra do coco não possuam boa qualidade de vida (WANDSCHEER, 2015).

Atualmente, com a formação de cooperativas que visam melhorar o preço de venda do babaçu e com as recentes pesquisas, que trazem novos usos principalmente para o mesocarpo e para o azeite extraído das amêndoas, tem-se um novo panorama que indica futuras melhorias na vida destas comunidades (WANDSCHEER, 2015).

### **3.2 MESOCARPO DE BABAÇU**

Dentre as partes componentes do babaçu, uma de grande importância é o mesocarpo, porção que se localiza abaixo da casca fibrosa e acima da parte rígida, do qual é feita uma farinha, conhecida como pó de babaçu ou mesocarpo de babaçu. Este produto que é culturalmente consumido por populações onde a palmeira é endêmica e, mais atualmente como complemento alimentar de crianças nas escolas e adultos que buscam melhores condições de saúde, é notoriamente conhecido por suas propriedades anti-inflamatórias e analgésicas, sendo assim, muito consumido por indivíduos em tratamento de reumatismo, artrite reumatoide, úlceras, tumores e inflamações em geral (útero e ovário) (ALMEIDA *et al*, 2002; LAGOS, 2006; FERREIRA *et al*, 2006). Esta porção do fruto é bastante rica em fibras e é indicado para o tratamento de colite e obesidade. É utilizado como matéria-prima para a produção alimentícia de bolos, tortas e vitaminas (RANGEL *et al*, 2011). Diante disso, o governo federal tem incentivado o uso do mesocarpo de babaçu como um dos ingredientes a serem adicionados à merenda escolar em algumas comunidades do interior do Maranhão (SOUZA *et al.*, 2009).

Por ser um alimento de valor energético muito alto, já que contém elevada porcentagem de carboidratos, este produto é muito utilizado para aumento de massa de suínos, bovinos, caprinos, ovinos e na piscicultura (MIOTTO *et al*, 2012; SILVA *et al*, 2012).

O mesocarpo é extraído do coco quando este cai das palmeiras e são coletados por populações locais que praticam o extrativismo vegetal. Todos os subprodutos do babaçu devem ser comercializados o mais breve possível, para não perderem suas propriedades e não sofrerem ações de degradantes

naturais, já que todos os processos de manuseio e conservação são bastante rudimentares (SOUZA *et al*, 2009).

O mesocarpo de babaçu, quando fresco apresenta cor creme clara e pode ser transformado em pó, como pode ser verificado na Figura 1. No entanto é um material bastante oxidável, o que pode fazer com que o amido presente seja estragado e perca suas qualidades como alimento.

Figura 1 - Mesocarpo de babaçu da empresa Babcoall Ins. do Brasil Ltda.



FONTE: AUTOR

O mesocarpo sofre modificações em sua aparência com o passar do tempo, tanto dentro do fruto, com a maturação do mesmo, quanto após ser extraído e ensacado. Quanto ao mesocarpo já extraído, verifica-se que nem sempre as condições de armazenamento são as desejáveis, por este motivo, muitas vezes o material perde a coloração clara já descrita e vai adquirindo rigidez lenhosa e cor castanho-avermelhada. Quando seco, ao ser embebido em água, apresenta textura semelhante ao látex, sendo dificilmente moído ou triturado (ALMEIDA *et al*, 1975).

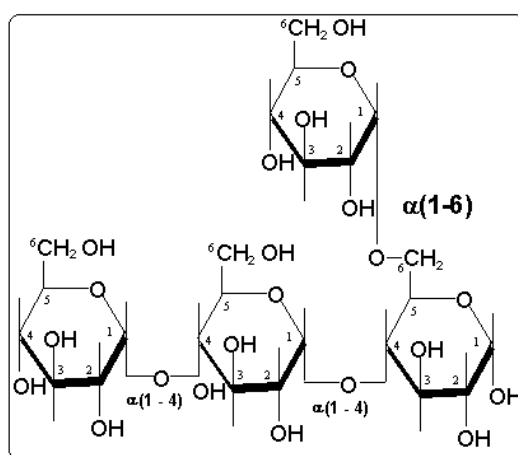
A farinha de mesocarpo de babaçu apresenta cerca de 60 % em massa de amido. Devido a esta elevada concentração de carboidratos, há viabilidade para que esta matéria seja utilizada, em conjunto com a torta de extração de óleo, como ração animal, principalmente com o objetivo de aumento de massa, por ser um componente de elevado valor calórico. O mesocarpo apresenta em sua composição, além do amido já mencionado: fibras, que perfazem um total de 20 % em massa; de 8 a 15 % de umidade e de 4 a 5 % de substâncias diversas,

incluindo sais minerais e taninos e uma pequena quantidade de proteínas (MELO, 2007).

### 3.3 AMIDO DE MESOCARPO DE BABAÇU

Dentro da classe dos carboidratos, o amido é considerado como o principal polissacarídeo de reserva energética do reino vegetal. É um termoplástico formado por ligações glicosídicas entre moléculas de glicose, como pode ser verificado na Figura 2.

Figura 2 – Estrutura padrão do amido.



FONTE: < [http://qnint.s bq.org.br/qni/popup\\_visualizarMolecula.php?id=N46O8](http://qnint.s bq.org.br/qni/popup_visualizarMolecula.php?id=N46O8)>, acessado em 23/02/2017 às 09:22 horas

O amido tem como principais componentes a amilose (trata-se de um polímero de D-glicose ligadas por pontes glicosídicas  $\alpha$ -1,4, fornecendo estrutura helicoidal ao composto) e a amilopectina (trata-se de um polímero de estrutura ramificada de glicose, que contém ligações  $\alpha$ -1,4 e  $\alpha$ -1,6. É menos polar que a amilose por ser um polímero mais complexo e é mais abundante na maioria das espécies de amido), sendo que a porcentagem de cada uma no amido depende da espécie fonte do composto e mesmo do grau de maturação da mesma (WHISTLER *et al*, 1984).

O mesocarpo de babaçu é um material muito aproveitado para diversos fins, inclusive produção de carvão vegetal, alimentação humana e animal, devido aos grânulos de amido que o compõe, e que apresentam comportamento



semelhante aos amidos de cereais (ALMEIDA *et al*, 2011). Um uso alternativo do mesocarpo de babaçu é para o tratamento de ferimentos, pois já são conhecidas, pela comunidade científica, as propriedades curativas deste produto para o tratamento de problemas gastrointestinais, que é o caso de úlceras. Assim, desenvolvem-se pesquisas para a aplicação deste produto para o tratamento de ferimentos de pele (MARTINS *et al*, 2006).

O amido *in natura* é um pó de cor branca, solúvel em água, sendo facilmente atacado por agentes biológicos como fungos e bactérias, por esta razão, é um produto que deve ser consumido em curto espaço de tempo após ser retirado da natureza, mas que com o acréscimo de conservantes, pode ter sua durabilidade aumentada, o que o faz um importante componente da alimentação humana, principalmente aqueles vindouros do trigo e do milho (SILVA & PARENTE, 2001).

Por ser um carboidrato complexo, já que dependendo da fonte vegetal, pode apresentar proporções diversas dos componentes e assim, ter propriedades diferentes, como é o caso de solubilidade em água e facilidade de digestão, este composto apresenta a capacidade de sofrer gelatinização, que é um processo químico pelo qual ocorrem mudanças irreversíveis nas propriedades, tais como inchamento dos grânulos, perda da estrutura cristalina e solubilização do amido. Este processo se dá pela absorção de água na estrutura do carboidrato (SILVA & PARENTE, 2001).

Para cada amido, tem-se uma faixa de temperatura de gelatinização característica, que corresponde ao ponto de máxima viscosidade do mesmo. Esse intervalo de temperatura é medido a partir do início do desaparecimento das zonas cristalinas do grão até seu fim, e é visível em microscópio de luz polarizada (BOBBIO & BOBBIO, 2003).

Quando o amido é colocado na presença em água fria (em temperaturas menores que 64 °C), os grânulos sofrem um aumento em seu volume na ordem de 10 a 20 %, devido a difusão e absorção da água nas regiões amorfas, mas essa dilatação é um processo reversível, o que significa dizer que nesta etapa o material ainda pode sofrer desidratação. Contudo, quando os grânulos são aquecidos em água a temperaturas entre 64 a 72 °C, se alcança um ponto onde os grânulos que absorveram umidade apresentam um fenômeno irreversível, perdendo a ordem estrutural (perda de birrefringência), que é devido à fusão dos

cristais. Quando os grânulos continuam se expandindo, a amilose é lixiviada para a fase aquosa intergranular. Estas mudanças moleculares levam a um aumento significativo na viscosidade da amostra. Em conjunto, a ruptura da estrutura granular, o inchamento devido à hidratação e a solubilização das moléculas de amido, mostram o término da gelatinização (TESTER & MORRISON, 1990).

### **3.4 ADESIVO**

Desde os primórdios da história, o ser humano precisou da utilização de sua capacidade mental para solucionar os problemas com o meio ambiente e facilitar sua adaptação. Como é o caso da elaboração de ferramentas que possibilitem a obtenção de alimentos e permitam a construção de insumos. Para tanto, dependeu de matérias-primas que facilitassem estas tarefas, como é o caso de pedras, metais e resinas. Estas últimas tinham a função unir materiais na confecção de objetos. Daí surgiu a história das colas (KINLOCH, 1987).

Adesivos ou colas são substâncias com elevado poder de adesão. Seu uso demanda a aplicação do produto sobre uma superfície, que através de um processo físico ou químico (dependendo do tipo de cola), se unirá a outra superfície que pode ser de mesmo material ou de outro com composição distinta do primeiro. Com isso, gera-se uma resistência a separação dos lados das superfícies, o que para romper a ligação, necessita-se da aplicação de uma força que muitas vezes destrói os substratos ou o uso de produtos químicos, que podem ter o mesmo efeito desgastante (KINLOCH, 1987).

As primeiras colas conhecidas pelo ser humano são todas de origem natural e são provenientes do uso de resinas de vegetais, colas de amido gelatinizado e outras feitas pelo uso de proteína animal, principalmente aquelas advindas de ossos e ligamentos (KINLOCH, 1987).

Os adesivos podem ser classificados mediante suas formas químicas (baseando-se em que função orgânica ou reação química que a substância passa obter poderes de adesão) ou físicas (baseia-se no estado físico do adesivo ou menos no fato de que a colagem é proveniente apenas da evaporação de solvente, o que configura um exemplo de fenômeno físico), o método pelo qual realiza adesão (observando neste caso se a colagem acontece

por intermédio de uma reação química entre o adesivo e o substrato ou outra encontrada no meio, ou se a colagem é apenas decorrente de características da própria matéria-prima da cola), o tipo de material que é unido ou mesmo as condições em que é aplicado (KINLOCH, 1987).

Adesivos possuem a grande vantagem de não desgastar a superfície a ser colada, o que outros meios podem causar, como é o caso do uso de pregos e parafusos. Colas também possuem a vantagem de ter menor custo que outros e dar uma aparência mais estética ao substrato colado. As principais desvantagens do uso de adesivos estão relacionadas à diminuição de estabilidade por diversos fatores, como temperatura, umidade e ação de agentes biológicos, como bactérias e fungos. Também existe a problemática relacionada à fragilidade da ligação, dependendo da razão entre a dimensão do objeto a ser colado e da superfície de contato do mesmo. Outra dificuldade decorre do fato de não ser fácil separar um objeto colado de forma incorreta. (KINLOCH, 1987).

Os adesivos podem ser classificados de acordo com o processo de adesão, ou seja, são definidos como reativos e não reativos. Os adesivos reativos são aqueles que reagem quimicamente com o ar, com o substrato ou com outra substância que deve ser misturada a ela para gerar a adesão da cola. Os não reativos são aqueles que o próprio adesivo, durante sua secagem, causa a junção das partes a serem coladas. Paralelamente, as colas podem ser classificadas por possuírem bases naturais ou sintéticas. Os naturais são conhecidos a mais de 200 mil anos. Os primeiros registros literários referem-se ao uso de goma-arábica, extraída do tronco da acácia, por gregos e romanos. Na Europa, a cola só foi popularizada após os séculos XVI e XVIII. Até o início do século XX, a maioria das colas era de origem natural, como as colas de amido de milho e trigo. Com o desenvolvimento da ciência de polímeros, muitas novas espécies de adesivos foram desenvolvidas (KINLOCH, 1987).

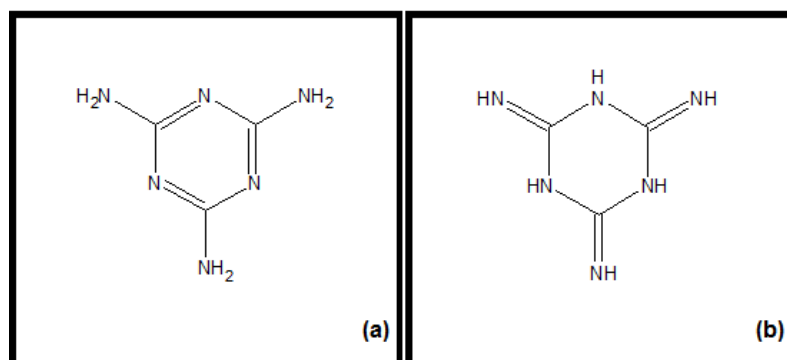
O amido é matéria prima para a produção de muitos tipos de adesivos com boa colagem e ligação rápida, já que, durante sua gelatinização este adquire propriedades adesivas. Algumas colas são preparadas pela mistura de amido natural, monofosfato de amido, bórax, hidróxido de sódio e água, no entanto, estes materiais tem o inconveniente de serem hidrofílicos, ou seja, podem ser dissolvidos em meio aquoso. Colas de látex (contendo 4,2 % de monofosfato de amido) são utilizadas na colagem de madeira, mas o

inconveniente de serem solúveis em água se mantém (WHISTLER *et al*, 1984). Com a finalidade de eliminar este inconveniente, existe a necessidade do uso ou desenvolvimento de produtos que visem a impermeabilização destas colas. Assim, pode-se fazer uso de diversos materiais que elevem o caráter hidrofóbico do adesivo, como a melamina, que é um composto químico com elevado porcentagem mássica de nitrogênio (aproximadamente 66 % de sua massa molecular pertence a este elemento) e é muito utilizada na produção de colas, laminados, plásticos e adesivos (HE *et al*, 2014).

### 3.5 MELAMINA

A melamina, que é um composto orgânico o qual apresenta estruturas ressonantes devido ao fenômeno da tautomeria que ocorre em sua molécula e cujas formas imina e enamina podem ser verificadas na Figura 3.

Figura 3 – Estrutura tautomérica da melamina: (a) forma enamina. (b) forma imina



FONTE: AUTOR

A melamina (2,4,6-triamino-1,3,5-triazina) é uma triazina de fórmula  $C_3H_6N_6$  e massa molar de  $126 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ . A partir dela é obtido um conhecido monômero orgânico utilizado na produção de polímeros, principalmente termofixos devido a possibilidade de múltiplos sítios ligantes em sua estrutura, como é o caso da resina melamina-formaldeído, que é empregada na produção de laminados, plásticos, espumas, pigmentos, agentes de revestimentos, colas e retardadores de chamas (TYAN *et al*, 2009).

No estudo para a determinação da ocorrência de polimerização e seu mecanismo para a melamina, observa-se que a forma imina (Figura 3-b) apresenta a possibilidade de polimerização por adição com a quebra de uma ou até das três ligações  $\pi$  presentes no grupo funcional. No entanto, esta via destruiria a ressonância do anel, o que diminua estabilidade do composto. Outra possibilidade seria polimerização por condensação no grupo  $\text{NH}_2$  na enamina (Figura 3-a), neste caso a ressonância do composto seria mantida, ou seja, mantém a estabilidade. Deste modo, segundo dados da literatura científica, e com a análise das estruturas, define-se que entre as duas formas da melamina, a mais estável é aquela que apresenta a forma de triazina (Figura 3-a). Desta forma, pode-se prever a rota reacional com base nela, já que a maior parte das moléculas se encontram nesta forma (MORRISON e BOYD, 2005).

A melamina é um produto de baixa toxicidade, apesar de que alguns estudos sugerem que esta substância pode causar lesão renal em animais de estimação. Ou seja, a maior parte das pesquisas sobre efeitos biológicos da melamina enfocam no surgimento de cálculos renais (DING *et al*, 2010).

A polimerização da melamina na presença de formaldeído resulta em uma resina produzida pela reação de condensação, transformando-a em uma amino resina, que seria aquela em que existe o grupamento amina primária ou secundária, ou ainda, o grupo NH associado à carbonila do aldeído. Esta resina é importante como adesivo para a indústria de madeira na produção de painéis e compensados, por possuir baixa solubilidade em água (LEI e FRAZIER, 2015).

A proposta desse trabalho foi desenvolvida uma cola a partir do amido extraído do mesocarpo de babaçu. Entretanto, o produto obtido apresenta, como todas as colas amiláceas, solubilidade em meio aquoso. Deste modo, realizou-se o estudo da agregação de uma substância que torne impermeável o adesivo descrito. Neste sentido foi formulada uma cola amido-melamina.

## **4. PARTE EXPERIMENTAL**

### **4.1. Processamento do mesocarpo do babaçu (*Orbignya sp*)**

O babaçu foi processado pela empresa Babcoall Inc. do Brasil Ltda., localizada na incubadora de indústrias da Universidade Federal do Piauí, e posteriormente foi cedido para pesquisa.

Todo o babaçu utilizado foi obtido em parceria com famílias que realizam extrativismo vegetal deste fruto para sua subsistência. Os cocos foram armazenados em depósitos nas próprias comunidades, para garantir volume de matéria-prima e tempo correto de maturação dos cocos.

Inicialmente os cocos foram lavados, esterilizados e levados a uma despeliculadeira. Nesta máquina separou-se o mesocarpo e o epicarpo, do endocarpo o qual ficou retido.

Separou-se parte do mesocarpo do epicarpo por peneiração. O restante do mesocarpo foi separado do endocarpo, por lavagem e coado em um pano.

O mesocarpo obtido foi colocado em secador e posteriormente em forno micro-ondas, para, respectivamente, secar e esterilizar o material.

### **4.2 Determinação da granulometria do mesocarpo**

Para trabalhar com um material o mais homogêneo possível, realizou-se uma peneiração do mesocarpo com o uso de um conjunto de peneiras equivalentes na série Tyler, com números de 50, 80, 100 e 200 mesh, com dimensões 0,300, 0,180, 0,150 e 0,075 mm, montadas sobre um agitador, pertencente ao laboratório de solos do Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Zona Sul, como pode ser visualizado na Figura 4.

Figura 4 – peneiras e agitador para tamização



FONTE: AUTOR

Para o desenvolvimento do presente trabalho, foi tomada a porção retida na peneira de 200 mesh, haja vista que se deve utilizar a fração que apresenta maior volume de matéria-prima, por causa do tamanho do grão de amido. .

#### **4.3 Processo de clarificação do mesocarpo do babaçu (*Orbignya sp*)**

O pó de mesocarpo obtido foi colocado em água destilada sob agitação por um período de uma hora, a fim de que o mesmo absorvesse umidade e liberasse parte do corante presente em sua estrutura. O material foi filtrado. O líquido resultante pode ser desprezado ou utilizado para a obtenção de corante.

Realizou-se mais duas lavagens utilizando água destilada sob agitação.

Após o tratamento do mesocarpo com água destilada, procedeu-se da mesma maneira, utilizando solução aquosa de hidróxido de sódio  $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ . Novamente a porção líquida foi separada e a esta foi dada a destinação conveniente.

Por fim, misturou-se ao sólido, solução aquosa de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). A fim de padronizar este procedimento, partiu-se de uma solução de peróxido em concentração 35 % em volume. No entanto, como o  $\text{H}_2\text{O}_2$  é um conhecido agente oxidante, deve-se utilizá-lo na menor concentração possível.

Com este raciocínio, procedeu-se a diluição do reagente nas seguintes concentrações: 3,5%; 7,0%; 10,5%; 14,0%; 17,5%; 21,0%; 24,5%; 28,0%; 31,5%; 35,0%.

Deixou-se o sistema sob agitação por cerca de 2 horas ou até que o sólido demonstrasse coloração totalmente branca. Filtrou-se o sistema e desprezou-se o líquido. O sólido foi seco em estufa em temperaturas inferiores a 60 °C para impedir a gelatinização prematura.

#### **4.4 Extração do amido do mesocarpo do babaçu**

Existem variados métodos enzimáticos previstos pela literatura científica para a extração de amido contido no mesocarpo de babaçu, no entanto, a maioria destes não se mostra eficiente em termos industriais, pois demandam cuidados extremos, como controle de pH e temperatura, o que terminaria por encarecer o produto final. Deste modo, utilizou-se um procedimento mais simples para a obtenção dos resultados.

Consistiu em realizar sucessivas lavagens do mesocarpo. Inicialmente com água destilada a fim de umidificar o material, o que permitiu maior desligamento dos grãos de amido em relação às fibras.

Em seguida realizou-se a filtração do material com peneira comercial, com poros com dimensões que impeçam a passagem das fibras do mesocarpo.

Realizou-se lavagens sucessivas no material até observar-se a presença de amido no fundo do recipiente. O amido formado foi filtrado e seco em estufa a temperaturas inferiores a 60 °C, para impedir a gelatinização prematura

#### **4.5 Preparo da cola**

Para realizar o preparo do adesivo pesou-se uma massa determinada de amido e a esta foi misturada água em massa igual ao dobro do carboidrato. Esta mistura foi posta sob aquecimento lento e controlado com agitação constante, para evitar a formação de aglomerações de amido e que o mesmo não queimasse ou sofresse algum processo indesejável.



A temperatura do sistema partiu de 25 °C e foi elevada com moderação até que se verificou que o amido iniciou a gelatinização, que ocorreu por volta de 60 °C.

Neste momento, o produto foi posto para descansar, com a finalidade de evitar que a cola secasse.

#### **4.6 Preparo da resina**

Segundo a metodologia proposta por Wang (2012), misturou-se nas proporções molares de 1:1 a 1:6, melamina e formol (37 % em massa de formaldeído), em recipientes sob agitação e constantemente aquecidos a uma temperatura por volta de 60 °C, até que a melamina se dissolvesse e as soluções se tornassem transparentes. Adicionou-se solução aquosa de hidróxido de sódio 10 % em massa, gota a gota, a fim de ajustar o pH da solução para 8,5.

Os produtos finais foram dissolvidos em etanol para impedir polimerização precoce. Deste modo, foram obtidas resinas com grau variável de substituição: metilol-melamina, dimetilol-melamina, trimetilol-melamina, tetrametilol-melamina, pentametilol-melamina e hexametilol-melamina.

#### **4.7 Caracterização do material**

##### **4.7.1 Espectroscopia na região do infravermelho (FT-IR)**

Os espectros de absorção na região de infravermelho das amostras sob estudo foram obtidos utilizando um Espectrômetro Thermo Scientific™ Nicolet™ iS™10, que pode ser visualizado na Figura 5.

Figura 5 – Espectrômetro Thermo Scientific Nicolet iS 10



FONTE: AUTOR

Estas análises foram realizadas para se identificar os diferentes grupos funcionais presentes em cada uma das etapas da produção da cola impermeável de mesocarpo de babaçu. Foram analisadas as intensidades de absorção e suas respectivas ligações entre os comprimentos de onda de 4000 a 450  $\text{cm}^{-1}$ .

#### 4.7.2 Microscopia eletrônica de varredura

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi feita com o uso de um equipamento FEI Quanta FEG 250 pertencente ao laboratório LMMA – UFPI, que pode ser observado na Figura 6.

Figura 6 – Microscópio eletrônico de varredura FEI Quanta FEG 250



FONTE: AUTOR

As amostras foram metalizadas com ouro por 30 segundos sob corrente de 20 mA. A seguir foram fotografadas todas as etapas de produção da cola,

para padronizar a análise, todas foram submetidas a um aumento de 2000 vezes.

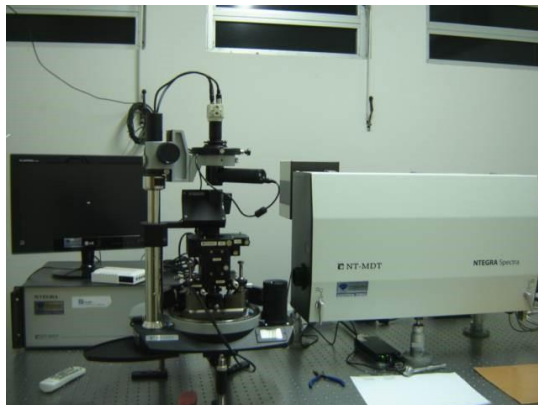
#### 4.7.3 Análise termogravimétrica

A TGA determina a perda de massa do material em relação ao aumento da temperatura. Deste modo, realizou-se a termogravimetria das amostras de cola de amido hidrofílica e da cola de amido impermeabilizada pelo acréscimo de resina melamina-formaldeído. Assim foi verificada as possíveis decomposições térmicas, podendo deste modo verificar a estabilidade térmica do produto final. Foi utilizado o equipamento da Shimadzu TGA-2050, usando cadinho de platina e atmosfera de oxigênio, com fluxo de 50 mL/min na faixa de temperatura de 25 à 800°C, com taxa de aquecimento de 10 °C/min

#### 4.7.4 Microscopia de força atômica (AFM)

As imagens de AFM foram obtidas usando um microscópio de força atômica NTEGRA Spectra (Figura 7) no modo contato intermitente. Em cada amostra foram obtidas imagens de quatro regiões diferentes. Em cada região foram varridas áreas de 100  $\mu\text{m}^2$ , 25  $\mu\text{m}^2$  e 9  $\mu\text{m}^2$ . As imagens foram adquiridas com uma frequência de varredura de 0,98 Hz; com 512x512 pontos e um set point de aproximadamente 2,0.

*Figura 7 – NT-MDT-NTEGRA Spectra, Microscópio de Força Atômica e Raman com linhas em 473 e 785 nm, disponível no DF- CCN - UFPI.*



FONTE: AUTOR

#### **4.7.5 Medida de viscosidade**

As medidas de viscosidade foram feitas com o cunho de determinar a capacidade de escoamento da cola e com isso, propor usos e método de aplicação do adesivo em questão. Para a realização desta análise, fez-se uso de um viscosímetro rotativo microprocessado modelo Q860M21, produzido pela QUIMIB. Utilizou o rotor número 3.

#### **4.8 Avaliação do adesivo**

##### **4.8.1 Tempo de colagem**

Para determinar o tempo de colagem procedeu-se através da seguinte metodologia: Primeiramente, espalhou-se uma fina camada da cola com adição de ácido acético glacial para auxiliar na cura da mesma. O tempo foi analisado e comparado com colas comerciais que apresentem funcionalidades similares.

Outra metodologia utilizada foi a colagem de papel. Nesta utilizou-se uma pequena porção da cola formulada entre duas folhas de papel. O mesmo foi realizado colocando entre outras duas folhas massa igual de cola branca comercial. Foi observado o comportamento dos dois sistemas para verificar qual deles demora mais para grudar.

##### **4.8.2 Absorção de umidade**

Para testar a absorção de umidade do material, realizou-se a produção de um filme de cola que através da secagem sob uma superfície de vidro e a seguir separado. O material obtido foi pesado e logo em seguida foi molhado e retirado o excesso de água para ser pesado novamente.

A amostra foi deixada imersa e a cada hora foi pesada para verificar o total de água absorvida.

### **4.8.3 Tempo de prateleira em ambiente aberto e fechado**

Para verificar o tempo de prateleira em ambiente aberto, preparou-se 300 mL de cola em um béquer e este ficou aberto até secar. O recipiente ficou em temperatura ambiente, a sombra e sem a presença de correntes de ar. Nestas condições, foi verificado o tempo necessário para que a cola secasse e também a possível ação de microrganismos, baseado no fato de que o adesivo é a base de amido e esta substância serve de alimento para muitas espécies de bactérias e fungos.

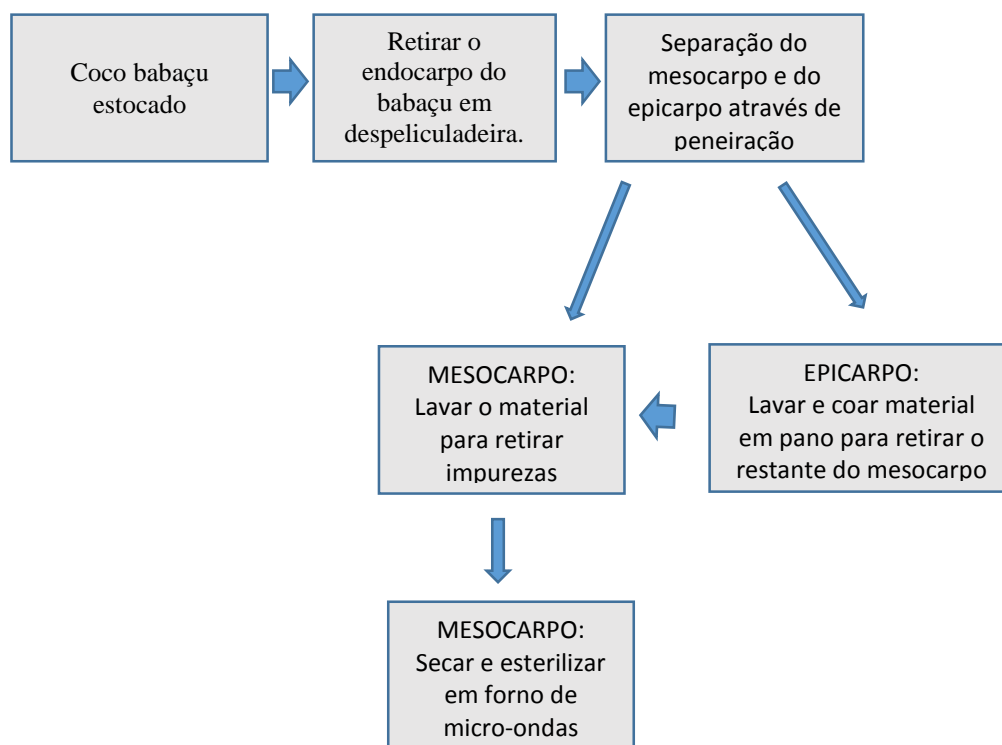
No caso do tempo de prateleira em ambiente fechado, este foi colocado em um recipiente hermeticamente fechado. Em seguida, verificou-se o comportamento da cola no decorrer do tempo.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Processamento do mesocarpo do babaçu (*Orbignya sp*)

A coleta dos cocos utilizados neste trabalho é realizada pelo extrativismo vegetal familiar praticado nos estados do Maranhão e Piauí. O processamento dos cocos segue-se o fluxograma de produção apresentado na Figura 8:

Figura 8 - Fluxograma de produção de mesocarpo de babaçu comercial



FONTE: AUTOR

O fluxograma da Figura 8 apresenta as seis partes do processo de separação do coco para a obtenção do mesocarpo puro. Na etapa inicial parte-se da obtenção do coco que é armazenado nas comunidades e recolhido para a indústria de processamento. Os maiores cuidados neste momento são os de ter um armazenamento adequado, com baixa umidade e cuidado com a ação de animais, insetos e microrganismos que podem deteriorar a qualidade do fruto.

Na indústria, a despeliculadeira retira o epicarpo e o mesocarpo, deixando o endocarpo e as amêndoas para outras finalidades da cadeia produtiva.

Devido à aparência de pó do mesocarpo, através de peneiração é possível separar o mesmo do material fibroso formador do epicarpo. Este pó coletado é lavado para retirar impurezas que porventura tenham contaminado o material.

O epicarpo retido durante a peneiração, muitas vezes, tem porções de mesocarpo impregnado em suas fibras. Assim, para obter o máximo de rendimento da obtenção da porção intermediária do coco, faz-se uma lavagem e o líquido obtido é coado. Após secar o líquido, o que sobra apenas é o mesocarpo residual, já sem impurezas, que pode ser acrescido no material purificado.

Por fim, o mesocarpo é seco e ensacado para comercialização. Depois de purificado o material pode ser utilizado na alimentação humana. Assim, o produto cedido para a pesquisa deverá apresentar menor quantidade de impurezas que um mesocarpo retirado artesanalmente.

## 5.2 Determinação da granulometria do mesocarpo

De posse do mesocarpo, procede-se com a análise granulométrica do mesmo, pois os grãos de amido possuem dimensões muito variadas, mas em geral, seus diâmetros estão em ordem de grandeza de  $10^{-5}$  m. Portanto, quanto mais próximo deste valor for o tamanho das partículas de mesocarpo, mais fácil será a extração do polissacarídeo (LEONEL, 2007).

Desta forma, realizou-se o procedimento de tamisação com várias peneiras e cujo resultado pode ser visto na Tabela 1.

*Tabela 1: Porcentagem de massa retida em relação às dimensões dos poros da peneira*

Número da peneira (Mesh)	Porcentagem mássica retida
50	0
80	2
100	4
200	94

FONTE: AUTOR

De posse destes dados, verificou-se que nas peneiras de 50 mesh nenhuma porção foi retida indicando que todo o material tem dimensões menores que 0,3 mm, para a peneira de 80 mesh, ficou retido dois por cento indicando que este material apresenta granulometria maior que 0,180 mm. O material retido nestas peneiras pode ser de natureza fibrosa que ainda acompanhou o amido após os tratamentos anteriores.

A peneira de 100 mesh apresentou uma retenção inferior a 4 % e a de 200 mesh, 94 %. Assim, como se necessita de uma quantidade mássica elevada, combinada com o menor diâmetro possível, já que desta forma teria os grãos combinados maior superfície de contato, o que torna qualquer procedimento cineticamente mais rápido e eficiente, foi utilizada como parâmetro de pesquisa a peneira de 100 mesh, que na escala métrica apresenta abertura de 0,149 mm, que representa a ordem de grandeza  $10^{-4}$  m.

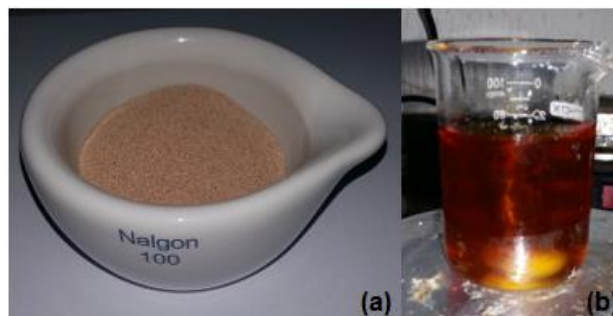
Tendo em vista, que a peneira de 200 mesh tem aberturas na ordem de grandeza de  $10^{-5}$  m, fica claro que esta impediria a passagem de alguns grãos de amido associados às fibras do mesocarpo ou mesmo do amido puro, pois não haveria espaço suficiente para o material passar. Esta etapa da produção de cola serviu para garantir a qualidade do mesocarpo trabalhado, pois não restaram partículas grandes que seriam impurezas e que talvez pudessem atrapalhar o restante do procedimento.

### **5.3 Processo de clarificação do mesocarpo do babaçu (*Orbignya sp*)**

De posse do mesocarpo apropriado para a produção da cola, realiza-se a lavagem. No entanto, como pode ser verificado na Figura 9, que contém fotos do mesocarpo tamisado e da água de lavagem do mesmo, o produto trabalhado apresenta um corante de tonalidade marrom intensa (Figura 9-a), que não prejudicaria a cola produzida para substratos de tons amadeirados, visto que não causaria manchas nos mesmos. Mas, como a proposta da cola seria para aplicar em superfícies de qualquer cor, como papel, necessitaria realizar o branqueamento da mesma.



Figura 9 – (a) mesocarpo de babaçu tamizado. (b) água de lavagem de mesocarpo de babaçu



FONTE: AUTOR

No processo de clareamento, verifica-se que o corante possui alta intensidade de cor, fazendo com que, mesmo com várias lavagens, este seja retirado em abundância (Figura 9-b) e mesmo assim, reste quantidade significativa na fibra do mesocarpo, o que significa que durante as etapas para produção da cola, este continue sendo capaz de colorir o substrato de aplicação, se não sofrer o processo de branqueamento em sua totalidade.

Desta forma, para branquear totalmente o amido de forma menos agressiva possível, tanto com as fibras, como com o amido (que não deve sofrer variações estruturais bruscas para evitar que sua extração e gelatinização ocorram de forma a prejudicar a produção da cola), procede-se colocando o mesocarpo em um béquer com quantidade abundante de água sob agitação para umidificar as fibras e permitir a liberação dos grãos de amido com maior facilidade. Neste caso, necessita-se de um tempo de contato com água em agitação por duas horas.

Após a lavagem em que se obtém o corante, deixa-se a mistura em descanso por uma hora para esperar que a massa sólida decante. A água de lavagem é retirada por filtração. No seguinte experimento, este líquido foi guardado para obter o corante a ser usado em identificação posterior.

Este procedimento de lavagem foi repetido por três vezes, para retirar o máximo possível de corante, o que em termos visuais não causou mudanças significativas na coloração da amostra, como pode ser verificado na Figura 10-a.

A segunda etapa de lavagens foi feita na presença de solução aquosa de hidróxido de sódio  $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ . Como este reagente causa branqueamento, pode se verificar a natureza ácida do corante. O NaOH é um conhecido agente

clarificante, utilizado até como alvejante em conjunto com o hipoclorito de sódio. A capacidade de branquear o mesocarpo pode ser atestada pela nítida mudança de cor do mesocarpo após a terceira lavagem com a solução alcalina, como pode ser demonstrado na figura 10-b.

Na lavagem com a solução básica, deve-se tomar cuidado para que o tempo de contato não ultrapasse o suficiente para a retirada de parte do corante, que deve ocorrer por volta de 2 horas de contato, já que a solução de NaOH propicia um significativo incremento na capacidade de gelatinização do amido presente como componente majoritário do mesocarpo de babaçu (LACERDA *et al*, 2014).

Este procedimento é de suma importância, pois reduz a quantidade de tempo e concentração de peróxido de hidrogênio (reagente utilizado na terceira lavagem) a que a amostra deve ser submetida, já que retira parte do corante que deve ser totalmente eliminado na etapa final.

Com o fim da lavagem em solução básica, faz-se a filtragem e coloca-se o mesocarpo mais claro para ser totalmente clareado na etapa final, que consiste na mistura do material com solução aquosa de peróxido de hidrogênio, sob agitação, resultado apresentado na Figura 10-c. Neste ponto, pode-se notar a importância das lavagens anteriores, pois como elas realizaram a retirada de parte do corante, necessita-se de solução de concentrações menores de peróxido. Pois este reagente clarificante em menores quantidades tem ação menos agressiva e assim evitar a oxidação do material (PEREIRA *et al*, 2003).

Após as lavagens com as soluções de peróxido, verificou-se que todas clarearam a amostra proporcionalmente à concentração de peróxido, sendo notado visualmente que em concentrações de 17,5% ou mais, o mesocarpo tornou-se totalmente branco. Nestas condições, determina-se que a concentração ideal de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> para branquear o material é de 17,5%.

Pondera-se que poderia ser utilizada solução de peróxido em concentrações maiores, mas, caso isso fosse feito, poderia causar agressões oxidativas as moléculas que não se desejaria degradar, como seria o caso do próprio amido. Assim, concentrações maiores que a mínima desejada, poderiam interferir nos resultados do rendimento do amido.

Outro ponto a se discutir é que esta é uma análise totalmente qualitativa, ou seja, a tonalidade do mesocarpo branqueado pode depender inclusive da proposta de sua utilização.

Figura 10 – (a) mesocarpo lavado em água destilada. (b) mesocarpo lavado com água destilada e com solução aquosa de NaOH  $0,05\text{mol.L}^{-1}$  (c) mesocarpo lavado com água destilada, solução básica de NaOH  $0,05\text{mol.L}^{-1}$  e em solução de  $\text{H}_2\text{O}_2$  17,5%



FONTE: AUTOR

#### 5.4 Extração do amido do mesocarpo do babaçu

Após realizar o branqueamento do mesocarpo, procede-se a extração do amido deste material. No entanto, após o término do experimento e analisando a quantidade de reagentes gastos, nota-se que é mais interessante realizar a inversão destes procedimentos, ou seja, primeiro realiza-se a extração do amido e apenas *a posteriori*, deve-se branquear o mesmo. Este procedimento, inclusive, ajuda a reduzir o número de etapas para o branqueamento, já que boa parte do corante continuará impregnado nas fibras e não precisará de tratamento, já que este não é o material de interesse para o presente trabalho.

Para fazer a extração do amido contido no mesocarpo de babaçu, branqueado ou não, deve-se inicialmente proceder com a hidratação do material, colocando-o imerso em água por um período mínimo de 1 hora sob agitação, afim de que haja a separação do amido dos demais constituintes, como as fibras.

Na extração do amido, precisa-se de uma peneira que possua os poros com dimensões inferiores à ordem de  $10^{-5}$  m, para que permita a passagem dos

grãos do polissacarídeo e retenha as fibras insolúveis, mas com dimensões superiores a esta e que não seriam úteis para a confecção do adesivo.

O amido sai em água e deve ser filtrado e/ou centrifugado para levar a secagem e para posterior utilização. Para obter uma extração quantitativa do amido, devem-se realizar várias lavagens, para que a porcentagem retirada seja próxima à que é prevista na literatura.

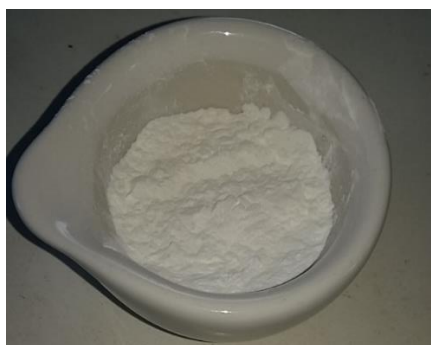
Nas diversas lavagens realizadas, estima-se que a massa percentual de amido extraído é da ordem de 57,5 %. Este resultado está em consonância com a literatura.

As possíveis perdas de massa de amido no procedimento podem estar associadas à perda de material dissolvido na água, polissacarídeo que não conseguiu ser extraído, entre outros.

Podemos destacar neste procedimento a viabilidade do processo que se mostrou altamente viável, apresentando a vantagem de separar o corante e as fibras para outras finalidades.

O amido branqueado obtido é triturado com o auxílio de almofariz e pistilo, com a intenção de obter um pó com baixa granulometria, como pode ser verificado na Figura 11.

Figura 11 – Amido de mesocarpo de babaçu branqueado e triturado



FONTE: AUTOR

O amido é seco em estufa com temperatura inferior a 60 °C, já que é nesta em que ocorre a gelatinização do amido. Assim, evita-se que haja perda da integridade dos grãos do polissacarídeo (BOBBIO e BOBBIO, 2003).

## 5.5 Preparo da cola

Para realizar a produção da cola deve-se ter uma relação mássica água: amido na proporção de 2:1.

Quanto maior a quantidade de água, mais tempo de cozimento será possível e melhor será o controle do aspecto final da cola quanto à viscosidade. Observa-se, que quanto mais solvente existir na cola pronta, maior será o tempo de colagem e também, a água pode impregnar na superfície do substrato a ser colado causando a umidificação de partes que não devem ser molhadas. Desta forma, a quantidade de água utilizada para o preparo da cola deve ser baseada no uso do produto e em que substrato este será aplicado.

Durante o aquecimento da mistura água – amido, o sistema é aquecido a temperaturas aproximadamente de 60 °C, pois é nesta que se inicia o processo de gelatinização do amido (BOBBIO e BOBBIO, 2003).

Nota-se que o polissacarídeo, que é um pó branco, começa a aumentar a sua viscosidade ao chegar nesta temperatura. Este fato ocorre motivado pela absorção do solvente por parte dos grãos de amido. Segundo Tester e Morrison (1990), a absorção de água por amido em temperaturas iguais ou inferiores a 60 °C ocorre e os grânulos do polissacarídeo expandem-se entre 10 a 20% em volume, no entanto, o processo é reversível e por secagem em estufa a temperaturas menores que 60 °C, pode-se obter a amostra sem modificações estruturais. Quando a mistura é aquecida em temperaturas entre 64 a 72 °C, ocorre absorção de água de forma irreversível e isso gera grande aumento de volume do material. Ocorre fusão dos grãos de amido e a amilose presente é lixiviada para a região intergranular, o que permite a transformação do carboidrato em uma massa amorfa e moldável para quaisquer superfícies que deseje aplicar.

Após iniciar o aquecimento da mistura, amido e água, esta deve ser continuamente agitada, para impedir que bolhas de ar fiquem retidas no interior da cola, para garantir que o processo de gelatinização ocorra por igual em toda a extensão do produto, e também, para verificar a viscosidade do material. Ou seja, quando esta estiver próxima à desejada com base na superfície a que será aplicada, deve-se parar o aquecimento. Um cuidado importante é que parte do

solvente evaporará enquanto a cola esfria, portanto, sua viscosidade ainda aumentará.

Esta cola é utilizável já nesta etapa, no entanto, apresenta elevado caráter hidrofílico, característica que foi provada ao colocar a cola seca submersa em água por 24 horas e verificado que ela se torna totalmente solúvel e perde as propriedades de adesão necessárias para um adesivo. Outra forma de verificar a reversibilidade da cola é submeter o material com a cola a vapor de água. Essa característica dificulta seu uso em substratos como a madeira. Para resolver o problema deve-se acrescentar um aditivo de elevado caráter hidrofóbico, que possua compatibilidade com a cola processada, para que no processo de secagem, seja criada uma barreira protetora que, no mínimo, diminua a absorção de água pela cola.

Comercialmente muitos aditivos são usados para reduzir a característica de a cola ser hidrofílica, como por exemplo, o bórax e alguns materiais que polimerizam de forma a obter elevada insolubilidade em água (WHISTLER *et al*, 1984).

## **5.6 Preparo da resina**

Para a produção da resina melamina-formaldeído foi utilizado formol comercial, com 37 % em volume de metanal. O sistema foi aquecido a 75 °C e a ele adicionou-se melamina sob agitação. No entanto, para que não ocorra a polimerização prematura do composto, deve-se acertar o pH em valores próximos a 8,5 e para isso utiliza-se hidróxido de sódio em concentração 0,1 mol.L<sup>-1</sup> (DING *et al*, 2010).

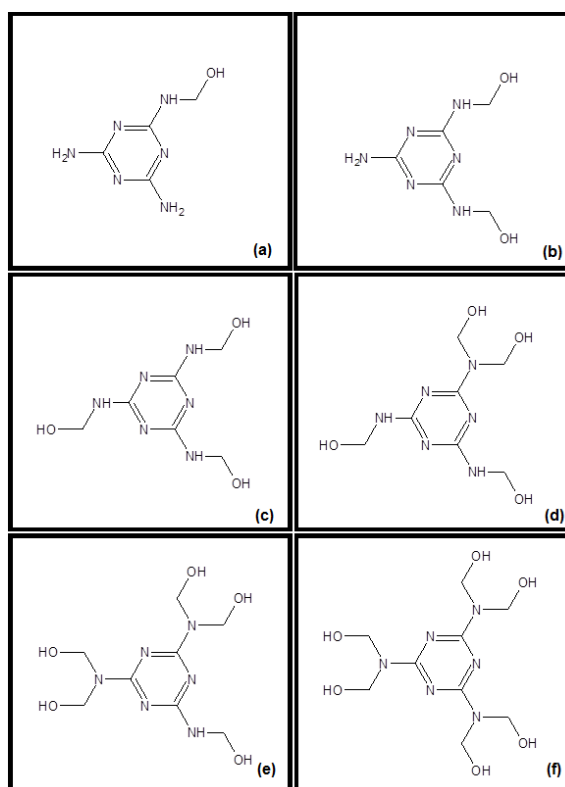
O pH deve ser controlado com bastante cautela, pois em valores maiores que 11 e menores que 7 ocorre polimerização por condensação e forma um sólido branco, que apresenta tenacidade elevada (MORRISON e BOYD, 2005). Nestas condições a preparação do composto demora cerca de 2 horas e no fim, obtém-se um produto viscoso e transparente, o que difere grandemente da melamina pura, confirmando a formação dos metiois-melamina apresentados na Figura 12.

Realizaram-se testes, onde a proporção em mols de melamina e formaldeído foram de 1:1 até 1-6, como pode-se verificar na Figura 3-a, existem

seis hidrogênios nos grupos amina, o que confere um grau de substituição extremamente variável, desta forma para verificar quantos hidrogênios devem reagir, foi realizada adição de formaldeído em proporções distintas para justificar assim as reações que permitissem a formação dos seis possíveis produtos, apresentados na Figura 12.

Os produtos da reação de polimerização da melamina com formol estão na Figura 12, sendo inicialmente formado os metiois melamina em diferentes graus de substituição.

Figura 12 – Estruturas dos produtos formados pela adição de formaldeído à melamina em proporções molares determinadas de melamina:formaldeído: (a) 1:1. (b) 1:2. (c) 1:3. (d) 1:4. (e) 1:5. (f) 1:6

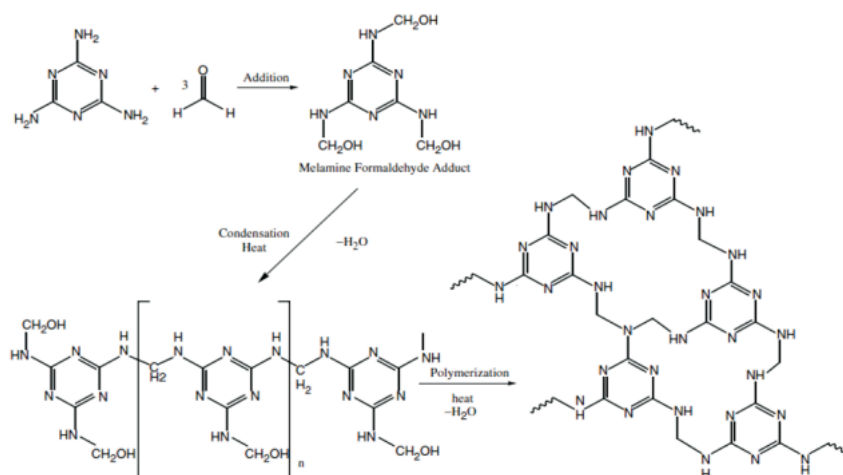


FONTE: AUTOR

Os metiois-melamina formados são muito solúveis em água e álcool e sofrem polimerização de maneira muito rápida. Desta forma, o armazenamento dos mesmos deve ser feito em etanol para ao menos dificultar a reação de condensação.

Após realizar cada uma das sínteses em triplicata ou mais, realizou-se a polimerização por condensação das resinas conforme descreve o mecanismo representado na Figura 13.

Figura 13 – Mecanismo reacional para síntese da resina melamina-formaldeído



FONTE: ULLAH *et al*, 2014

Com base no mecanismo, observa-se que a reação da melamina com as moléculas de formaldeído ocorrem nos grupos amina, como diante disso forma-se a metilol-melamina, que é muito polar, esta fica totalmente dissolvida em água, no entanto, suas moléculas podem sofrer polimerização por condensação, ao eliminar água das estruturas e formar uma resina com baixa afinidade ao meio aquoso após estar seca.

Após a polimerização, fez-se testes de solubilidade em água e etanol para todas. Verificou-se que todas são pouco solúveis em água, obtendo um aumento de massa menor que 1%, após deixar as amostras por 24 horas submersas, o que satisfaz sua condição como produto hidrofóbico. Quanto a solubilidade em etanol, nota-se que é muito elevada, fato que facilita sua diluição e difusão pela cola amilácea que será misturada.

Na formação do metilol-melamina observa-se que quanto maior o número de substituintes, mais polar é o monômero e mais apolar é o polímero formado, pois a eliminação de moléculas de água na reação de condensação cria grupos



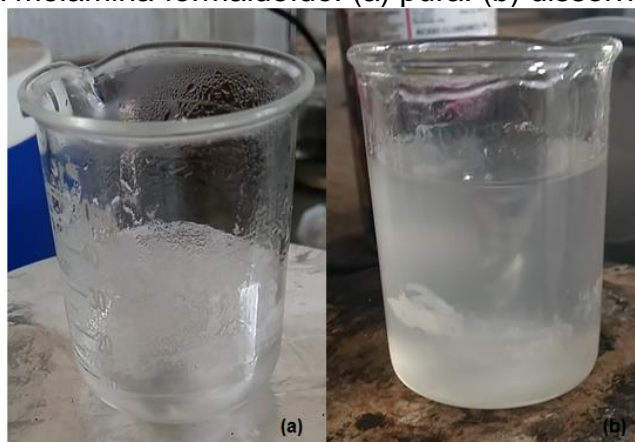
com baixa afinidade em água e com cadeias mais ramificadas, o que serve para dificultar qualquer possível dissolução em meio aquoso que fosse esperada.

A diferença do caráter hidrofóbico depois de polimerizado é praticamente imperceptível, independente do monômero utilizado, e este fato é importante, pois quanto maior o número de substituintes, maior a massa molar da metilol-melamina e se analisar uma massa fixa, menor será o número de mols do monômero em um polímero. Assim, quanto menor o número de substituintes melhor será para o produto final, pois apesar da razão mássica amido/resina ser a mesma, mas a razão molar tenderá a favorecer o polímero hidrofóbico.

A aplicação da resina determina o grau de substituição no monômero quando da formação dos metilóis. Pois como se deseja que esta seja rígida e não moldável, então o objetivo é que a mesma seja um termofixo. Para tanto, deve-se ter no mínimo três sítios ativos. Em conclusão, para se obter uma resina com o maior número possível de unidades monoméricas por massa fixa e que tenha no mínimo três sítios ativos para a polimerização, deve-se optar pela molécula descrita na Figura 12-c, que se refere à situação onde a proporção reacional molar entre melamina e formaldeído é de 1:3.

Ao obter a metilol-melamina não polimerizada (Figura 14-a), adiciona-se etanol em excesso a fim de solubilizar a mesma, formando a mistura translúcida apresentada na Figura 14-b. Este procedimento de dissolução é muito importante, pois no momento em que ocorrer a mistura da resina com a cola amilácea, deve formar uma mistura homogênea.

Figura 14 – Resina melamina-formaldeído: (a) pura. (b) dissolvida em etanol



FONTE: AUTOR

Após completar a produção individualizada da cola de mesocarpo de babaçu e da metilol-melamina, elas são adicionadas no mesmo recipiente e misturadas manualmente até a obtenção de um sistema homogêneo. Apenas após a secagem ocorre a polimerização.

Depois da secagem e da formação do poli(trimetilol-melamina), este demonstra ter baixa afinidade pelo amido, ou seja, forma uma mistura heterogênea (vista na Figura 18), que tem o amido como porção interior e a resina melamínica como porção superficial, que propicia o caráter impermeável do composto.

A porcentagem de cada um dos ingredientes na cola deve ser baseada na utilização do produto, pois depende do grau de impermeabilização que se deseja obter. É fundamental perceber que quanto maior a quantidade de melamina no produto, mais hidrofóbico este será.

No presente trabalho a porcentagem mássica trimetilol-melamina e cola de amido de mesocarpo de babaçu é de 40:60, com a finalidade de garantir que o produto tenha uma quantidade significativa do agente impermeabilizante, mas que a maior parte do adesivo seja composta por amido.

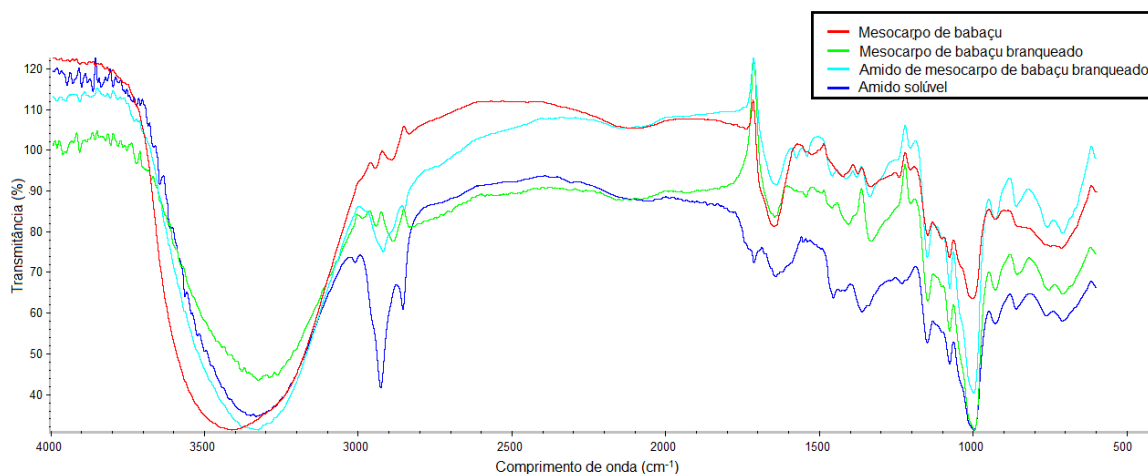
## **5.7 Caracterização do material**

### **5.7.1 Espectroscopia na região do infravermelho (FT-IR)**

A fim de determinar possíveis modificações estruturais no amido durante a produção da cola realizou-se a análise por espectroscopia na região do infravermelho (FTIR) sobre o mesocarpo de babaçu, que seria o material original, o mesocarpo de babaçu branqueado, pois este sofreu o tratamento possivelmente mais agressivo pela ação do peróxido de hidrogênio, e por fim sobre o amido de mesocarpo de babaçu. Estas três amostras foram comparadas com amido comercial, que possui origem desconhecida quando à espécie vegetal da qual foi extraído.

Objetivando verificar as semelhanças e diferenças entre os espectros das quatro amostras descritas anteriormente, realiza-se um estudo a cerca dos espectros representados na Figura 15.

Figura 15 – Espectros na região do Infravermelho do mesocarpo de babaçu, mesocarpo de babaçu branqueado, amido de mesocarpo de babaçu branqueado e amido solúvel comercial



FONTE: AUTOR

Primeiramente, deve-se observar as semelhanças entre os grupos encontrados nas estruturas. Em todas as curvas notam-se as bandas de estiramento dos grupos -OH (na região em torno do comprimento de  $3500\text{cm}^{-1}$ ). O estiramento do grupo C-H é notório na faixa ao em torno de  $2900\text{cm}^{-1}$ . Além do o grupo carbonila (na região que compreende  $1850$  e  $1650\text{cm}^{-1}$ ), da ligação C=C (na região em torno do comprimento de  $1800$  a  $1500\text{cm}^{-1}$ ), C-O (na região de  $1276$  a  $1200\text{cm}^{-1}$ ) e do grupamento C-OH (estiramento ao redor de  $1000\text{cm}^{-1}$ ) (SILVERSTEIN *et al*, 2005).

Em termos gerais, as diferenças mais significativas referem-se ao amido solúvel, uma vez que não vem da mesma matéria prima vegetal. Desta forma, pode-se inferir que amidos podem variar suas formas e estruturas cristalinas, segundo suas origens botânicas. Além de que, isso, pode causar mudança no quociente amilose/amilopectina, no grau de cristalinidade e a forma física. Outro fator que denota mudanças estruturais do amido solúvel frente às demais amostras, refere-se ao tipo distinto de processamento a que ele foi submetido (BULÉON *et al*, 1998; MYLLARINEN *et al*, 2002).

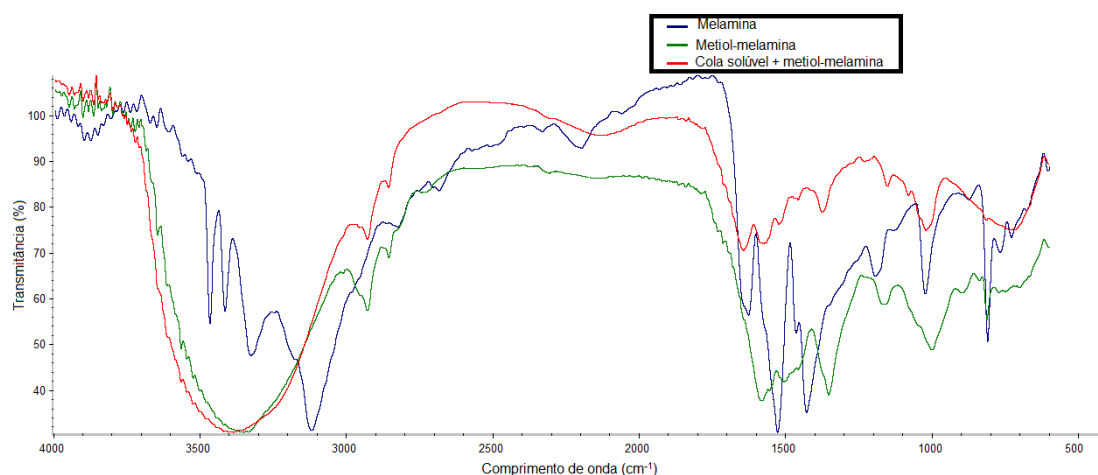
Quanto aos espectros dos derivados de babaçu, observa-se que as diferenças de sinais entre o mesocarpo e o mesocarpo branqueado, no que concerne, principalmente, as bandas de estiramento C-H, carbonila e C-OH devem relacionar-se ao corante existente na amostra *in natura*, já que nenhum outro processamento foi realizado. Já quanto ao amido de mesocarpo de babaçu

branqueado, nota-se grande similaridade com o mesocarpo branqueado, sendo que as pequenas diferenças de sinais existentes se devem ao fato que no mesocarpo existem outros componentes, que não apenas o carboidrato a que ele é comparado.

Por outro lado, ao se comparar diretamente as bandas referentes ao estiramento do grupo OH no mesocarpo de babaçu e em seu análogo branqueado, verifica-se que no mesocarpo, a banda referente ao estiramento da hidroxila é maior, o que pode significar que houve oxidação por parte do peróxido de hidrogênio.

Para produzir a cola impermeável, realiza-se a reação de gelatinização do amido, fazendo com que o mesmo absorva água de forma irreversível, transformando assim a estrutura do polissacarídeo em uma massa amorfa com grande capacidade de adesão, o que é uma propriedade primordial dos adesivos. Após realizar a etapa de produção da cola permeável, deve-se utilizar um aditivo composto por metiol-melamina, que confere a impermeabilidade ao produto final após a formação da resina por polimerização. Para compreender a estrutura dos compostos, fez-se a análise da Figura 16, que compara os espectros: da melamina; do amido de mesocarpo branqueado; da resina melamina-formaldeído e da cola impermeável originada pela mistura de ambos, na proporção 60% de amido + 40% resina, em massa.

Figura 16 – Espectros na região do Infravermelho da melamina, metiol-melamina e cola solúvel de amido de mesocarpo de babaçu com aditivo de resina melamínica



FONTE: AUTOR

Com base nas estruturas apresentados na Figura 12, percebe-se que a metilol-melamina apresenta uma banda correspondente ao estiramento do grupo OH, grupo bastante visível na estrutura da Figura 16. Verifica-se também o estiramento correspondente a grupos C-H (região 3500 e 2900  $\text{cm}^{-1}$ ). Um fato bastante importante é que as duas bandas já discutidas servem como um interferente para a leitura do pico do grupo N-H, que está na região de 3500 e 3070  $\text{cm}^{-1}$ . Assim, para notar a existência do nitrogênio na molécula, devem-se buscar outros sinais para tanto (SILVERSTEIN *et al*, 2005).

O pico entre 1580 a 1495  $\text{cm}^{-1}$  corresponde a deformação angular do grupo N-H, mas ainda assim, é fraca e difícil de ser visualizada. Mas como não há grupo aromático, que apresenta sinal na região de 1600 a 1450  $\text{cm}^{-1}$ , na estrutura descrita, é fácil observar a presença desse grupo (SILVERSTEIN *et al*, 2005)..

Na estrutura também se visualiza os grupos C-O (1200 a 1050  $\text{cm}^{-1}$ ) e C-N (1280 a 1180  $\text{cm}^{-1}$ ), que assim descrevem adequadamente a molécula (SILVERSTEIN *et al*, 2005)..

Na melamina, algumas dúvidas sobre a estrutura da metilol-melamina podem ser esclarecidas, já que não há o grupo OH e pode-se notar o estiramento N-H já discutido. Podendo assim, deixar evidente as modificações estruturais e mecanismo apresentado na Figura 13.

Por fim, ao realizar a mistura da cola hidrofílica de amido de mesocarpo de babaçu com a resina para a obtenção do adesivo impermeável, verifica-se no espectro que, como trata-se de um fenômeno físico de mera mistura, nada mais ocorre do que a soma dos sinais, é o caso do estiramento do OH que apresenta um pico bem intenso se comparado com os demais grupos, pois a hidroxila é comum aos dois componentes. Já as bandas referentes à carbonila, ao grupo N-H, e outros já discutidos, estão presentes, mas possuem sinal mais fraco por serem presentes em apenas uma das substâncias.

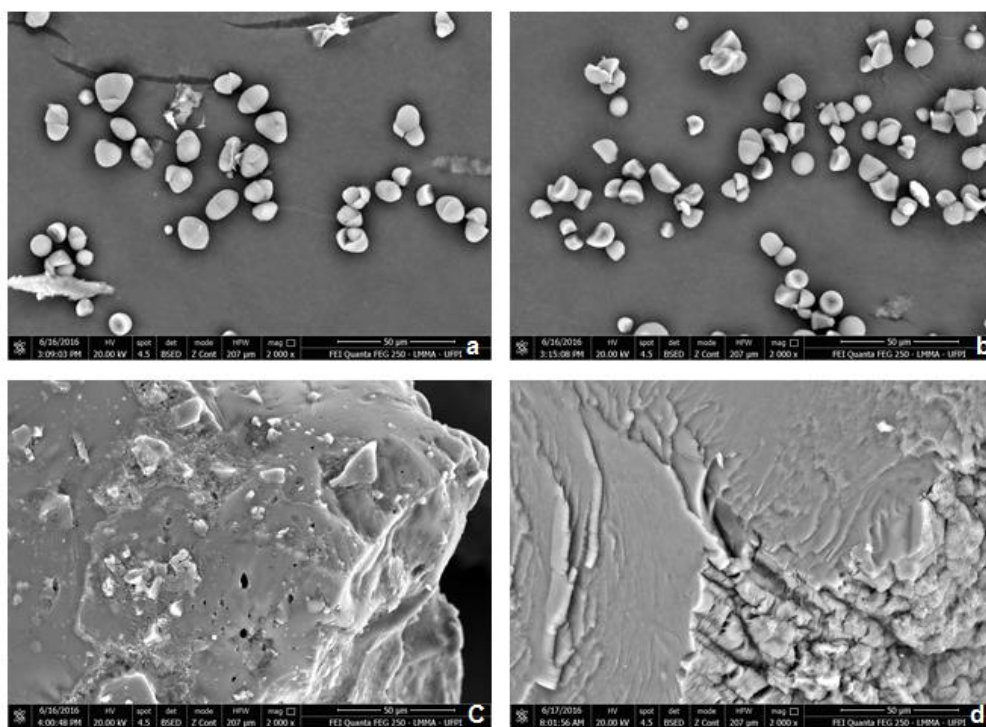
### **5.7.2 Microscopia eletrônica de varredura**

As amostras foram metalizadas com ouro por 30 segundos sob corrente de 10 mA e foram fotografadas em um microscópio eletrônico de varredura FEI

Quanta FEG 250 com os resultados apresentados na Figura 17, as quais sofreram ampliação de 2000 vezes em cada amostra.

Nota-se na Figura 17-a os grãos de amido de mesocarpo, que correspondem a 60% da massa do mesocarpo, são bem visíveis e sua existência pode ser comprovada na comparação com a Figura 17-b, que possui apenas este polissacarídeo. Na Figura 17-a vê-se outras estruturas que podem corresponder ao restante dos componentes do mesocarpo.

Figura 17 – Estruturas fotografadas em microscópio eletrônico de varredura com aumento de 2000 vezes: (a) mesocarpo de babaçu. (b) amido branqueado de mesocarpo de babaçu. (c) resina melamina-formaldeído. (d) cola impermeável de amido de mesocarpo de babaçu com aditivo de resina melamínica



FONTE: AUTOR

A Figura 17-c apresenta a resina melamina-formaldeído, com uma superfície compacta formando uma peça única. A superfície da amostra de resina apresentou-se compacta o suficiente para impedir a penetração do recobrimento de ouro, aumentando assim sua concentração, o que não é verificado nas Figuras 17-a e 17-b.

Devido às características da resina, a superfície da cola é muito similar à do polímero, fato que atesta a impermeabilidade do material, já que a porção hidrofóbica, que corresponde à melamina, fica na interface do produto, impedindo assim que água penetre no composto e ataque o amido que fica no interior da estrutura.

Com base na Figura 17-d, verifica-se que a superfície da cola impermeável de amido de mesocarpo aparenta ser muito compacta e sem sinais claros da presença de amido ou cavidades pelas quais a água possa infiltrar.

Em resumo, segundos dados do MEV, verifica-se que o amido e sua cola não apresentam superfícies compactas e se a cola impermeável a possui é porque esta vem da resina melamina-formaldeído. Assim o amido fica no interior da cola. Como pode ser verificado na Figura 18, que indica forma de secagem da cola que ratifica os resultados o MEV.

Figura 18 – Imagem de cola demonstrando o interior fosco composto de amido e a superfície brilhante de resina



FONTE: AUTOR

### 5.7.3 Análise termogravimétrica

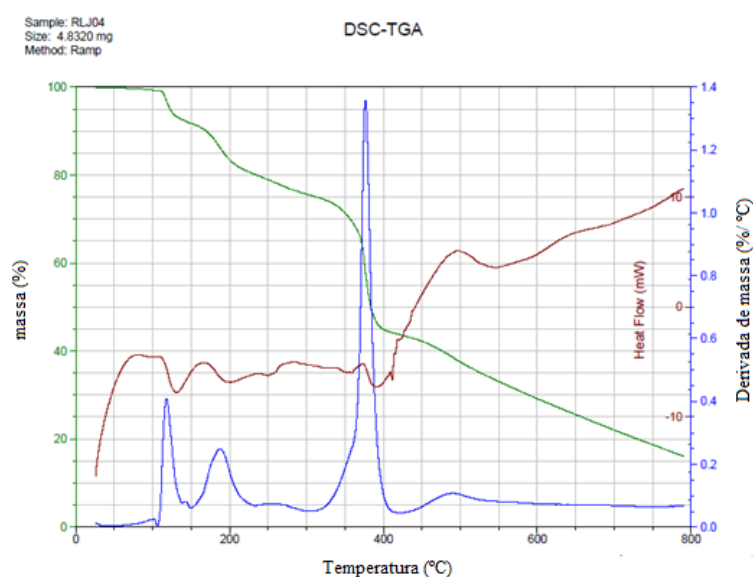
Em relação à análise termogravimétrica, pode-se verificar na Figura 19, que trata dos resultados de TGA/DSC da cola permeável de amido de mesocarpo, uma visível perda de cerca de 15% de massa em temperatura próxima a 100 °C, o que seria perda de água e material volátil (VIEIRA, 2011; ALMEIDA, 2011).

Existem mais duas temperaturas em que se nota grande perda de massa, segundo os dados de TGA/DSC, e estas são 200 e 400 °C. A primeira demonstra a degradação do amido originada pela condensação de moléculas de água, ou seja, perda dos grupos funcionais e quebra das ligações intermoleculares.

A perda de massa é mantida com o aumento da temperatura, até que por volta de 400 °C há uma perda acentuada de massa que significa a carbonização do amido, com quebra de ligações entre carbonos afetando as cadeias moleculares e/ou as poliméricas desses compostos, formando unidades monoméricas (SOUZA, 2011; LIMA, 2009).

Observa-se que as temperaturas destes três estágios são aproximadamente correspondentes com as temperaturas dos sinais de DTG abaixo, ratificando que esses estágios são, em sequência, vaporização, e duas etapas de decomposição.

Figura 19 – TGA/DSC da cola de amido de mesocarpo de babaçu



FONTE: AUTOR

A Figura 20 trata da análise TGA/DSC da cola impermeável de amido de mesocarpo de babaçu com aditivo de resina melamina-formaldeído. O que se nota de diferente ao analisar a a Figura 20 em relação à anterior é que a desidratação em torno de 100 °C não é visível, uma vez que a resina que protege superficialmente a cola amilácea dificulta a desidratação da mesma. Somente o pico em torno de 200 °C é

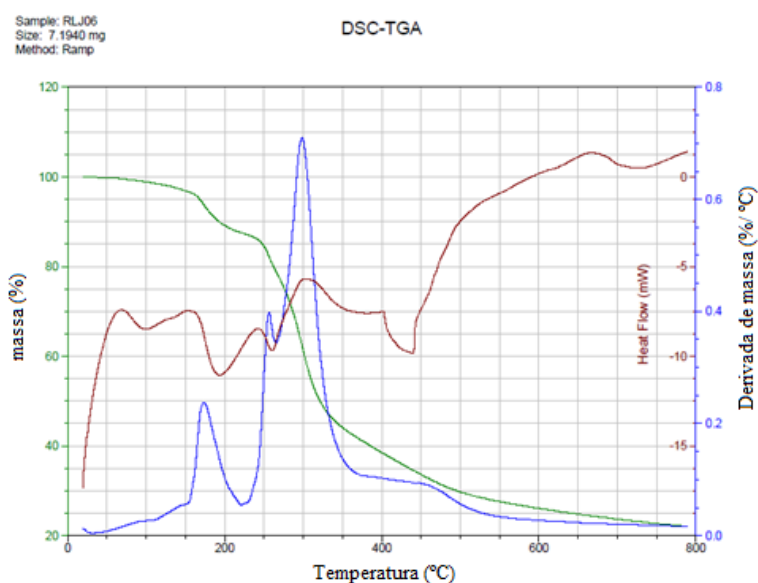


visualizado, com base no DSC, que demonstra a perda dos grupos funcionais tanto do amido quanto da resina, liberando pequenas moléculas.

O pico em torno de 400 °C fica mais largo e mais intenso, demonstrando a degradação do composto. Causando assim a quebra das ligações tanto da cola quanto da resina. Em suma, ao comparar a Figura 19 e a 20, verifica-se que a grande importância da resina melamina-formaldeído na cola é dar maior estabilidade no tocante a perda e absorção de água, o que confere maior estabilidade térmica e menor perda de massa no intervalo de 25 a 200 °C.

Apenas depois desta temperatura há uma aproximação das perdas de massa, pois nesta situação os dois compostos degradam a nível de quebrar suas cadeias, o que pode ser notado pelo fato de que a massa percentual residual após 400 °C é maior na cola de amido sem resina, que na com resina, o que demonstra que mesmo o impermeabilizante sofre degradação térmica nestas condições mais extremadas.

Figura 20 – TGA/DSC da cola de amido de mesocarpo de babaçu com aditivo de resina melamina-formaldeído

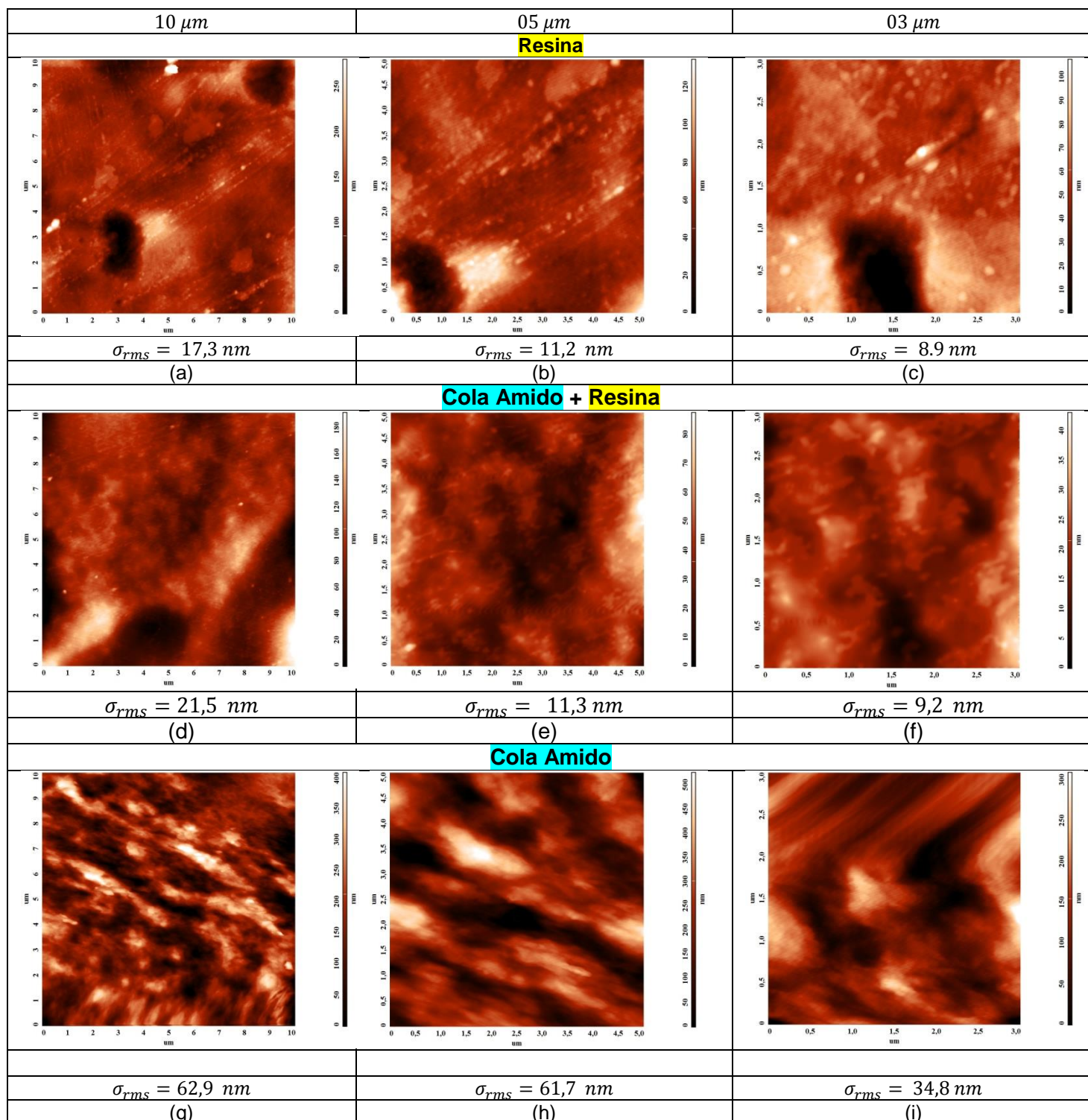


*FONTE: AUTOR*

#### 5.7.4 Microscopia de força atômica (AFM)

No estudo de AFM na Figura 21, verificam-se imagens da resina melamina-formaldeído (Figuras 21-a, 21-b e 21-c), cola de amido com resina melamina-formaldeído (Figuras 21-d, 21-e e 21-f) e cola solúvel de amido (Figuras 21-g, 21-h e 21-i).

Figura 21 – AFM das amostras: (a) resina com ampliação de 10  $\mu m$ ; (b) resina com ampliação de 5  $\mu m$ ; (c) resina com ampliação de 3  $\mu m$ ; (d) cola amido + resina com ampliação de 10  $\mu m$ ; (e) cola amido + resina com ampliação de 5  $\mu m$ ; (f) cola amido + resina com ampliação de 3  $\mu m$ ; (g) cola amido com ampliação de 10  $\mu m$ ; (h) cola amido com ampliação de 5  $\mu m$ ; (i) cola amido com ampliação de 3  $\mu m$



FONTE: AUTOR

Segundo os dados apresentados nas Figuras, pode se verificar que em relação à cola de amido (Figuras 21-g, 21-h e 21-i) tem-se uma estrutura bastante fibrosa, com linhas que partem em feixes bidimensionais. Os buracos negros representam bolsas de ar, presentes inclusive no amido in natura (RIDOULT et al, 2001).

Nas imagens da cola de amido antes mencionadas, nota-se ser impossível visualizar os grãos de modo delimitado, fato este que corrobora o conceito de gelatinização do carboidrato e perda de estrutura, com formação de matéria amorfa. A confirmação deste fato se dá por ocasião de os grãos de amido poderem ser vistos com aumentos próximos a 25  $\mu\text{m}$ , sendo que no presente trabalho esta ampliação está na faixa entre 10 e 3  $\mu\text{m}$  (RIDOULT et al, 2001).

Nas imagens presentes nas Figuras 21-g, 21-h e 21-i, pode-se fazer um estudo da topografia da cola de amido, ficando demonstrado que a espécie química possui elevada rugosidade, se comparada com a resina (Figuras 21-a, 21-b e 21-c) e mesmo com a cola impermeável gerada pela mistura da resina melamina-formaldeído e cola amilácea (Figuras 21-d, 21-e e 21-f). Além disso pode se observar elevada diferença na condensação da amostra.

Nas figuras correspondentes à cola solúvel (Figuras 21-g, 21-h e 21-i), nota-se o oposto da resina. É um material fibroso, com claras cadeias linearizadas, formando estruturas que se assemelham a linhas. Com grandes espaços, o que permitiria facilmente o ataque de solventes e com isso a destruição ou solubilização do composto pela ação de água.

No estudo da resina (Figuras 21-a, 21-b e 21-c), verifica-se baixa rugosidade no material e formação de uma superfície de topografia bastante homogênea. A estrutura tem aparência tridimensional e a formação de núcleos densos, resultantes da junção de grande quantidade de resina (KUROKAWA, 2007).

Por fim, no caso da cola de amido com aditivo de resina melamina-formaldeído (Figuras 21-d, 21-e e 21-f), tem-se que as imagens das figuras são bastante similares às da resina pura. Ou seja, na superfície da cola com aditivo, a maior parte do material é a própria resina. Assim, as propriedades impermeabilizantes da resina são passadas ao produto final, pois este

impermeabilizante pode facilmente penetrar nas cavidades visualizadas na cola de amido e fornecer estabilidade contra a ação do meio aquoso. Isso pode ser notado pelo fato de que a rugosidade da cola impermeável é bem similar à da resina, o que garante que no estudo da topografia do material, apenas a resina permanece na superfície do material.

### **5.7.5 Medida de viscosidade**

Muitos adesivos utilizados para fins de colagem de materiais, como vidros, madeira e até mesmo cerâmica, têm suas viscosidades na faixa de 1000 a 9500 mPa.s (MENDOZA, 2010; LIMA *et al*, 2008; ALBUQUERQUE *et al*, 2005; BRASEQ, 2008). Assim, como o valor de viscosidade medido foi de 3468,3 mPa.s e este está bem próximo ao da cola branca, que é de 3000 mPa.s, pode-se afirmar que este produto tem viabilidade para ser utilizado em muitos fins por não ser excessivamente fluido, nem viscoso, como pode ser visto no intervalo apresentado.

## **5.8 Avaliação do adesivo**

### **5.8.1 Tempo de colagem**

Em relação ao estudo sobre o tempo de colagem, primeiro tem que se entender que para tal fim, o solvente deve evaporar, deixando a mistura mais viscosa e isto causa um aumento das propriedades de adesão.

O adesivo desenvolvido apresenta duas porções: a cola de amido que, culturalmente, é utilizada na colagem de papel e similares, por fazer intensas ligações de hidrogênio entre suas moléculas e o substrato; e a resina melamina-formaldeído, que por ser apolar, tem baixa absorção de água e apresenta propriedades adesivas elevadas pelo grupamento OH que permite a polimerização por condensação da estrutura, formando uma cola rígida.

A mistura apresenta propriedades medianas entre seus dois componentes e dependendo da proporção utilizada, pode ser mais elástica (maior teor de amido) ou mais rígida e quebradiça (maior teor de resina melamina-formaldeído).

O tempo de colagem é bem similar ao dos adesivos comerciais de mesmo uso. Não podendo quantificar o tempo exato de colagem, já que quanto mais tempo a cola passa sobre o substrato, mais íntima é a ligação entre eles, mesmo após já ter terminado o processo de colagem. Quanto à dependência da temperatura para tempo de colagem, pode-se dizer que quanto maior esta for, mais rápida colagem, pois a mesma depende da evaporação do solvente.

### 5.8.2 Absorção de umidade

Para testar a absorção de umidade com o tempo, preparou-se uma amostra de cola na forma de filme em uma placa de Petri. A cola foi pesada e acrescentou-se água por um período de 48 horas para medir a massa de água que ficaria retida na cola. Os dados foram descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Comportamento da cola impermeável quanto a absorção de água em relação ao tempo.

Tempo de exposição à água	Massa da amostra (g)	Massa de água (g)	% de água na amostra
0 hora	2,56	0	0
1 hora	2,56	0	0
2 horas	2,56	0	0
4 horas	2,57	0,01	0,39
12 horas	2,57	0,01	0,39
24 horas	2,58	0,02	0,78
48 horas	2,61	0,05	1,95

FONTE: AUTOR

Diante da observação destes dados, verifica-se que a absorção de água nas primeiras 48 horas é baixa, principalmente se for observado que se trata de um teste exigente, já que a função primária do adesivo não é ficar submerso em água.

### 5.8.3 Tempo de prateleira em ambiente aberto e fechado

Para analisar o tempo de prateleira em recipiente aberto, tendo posse de uma porção de 300 mL, colocou-se esta em ambiente seco e a temperatura ambiente. A cola demorou aproximadamente cinco dias para secar totalmente. O que não pode ser considerado tempo excessivo pelo fato de que é uma amostra com baixa superfície de contato com o ar.

No entanto, para o desenvolvimento de um produto comercialmente útil, este deve ter alta durabilidade em ambiente fechado, já que deve haver certa garantia de manutenção do poder adesivo no decorrer do tempo. Pois nem sempre a cola será usada no exato dia de sua produção.

Em ambiente hermeticamente fechado esperou-se o tempo de 45 dias a contar da data de sua produção e a cola não apresentou secagem ou modificações estruturais, o que garante que neste tempo a cola é utilizável.

Diante disso vários materiais foram testados para garantir a capacidade de colagem do adesivo em substratos diferentes, mostrando na Figura 22, que serve para metal (Figura 22-a), madeira (Figura 22-b), cerâmica (Figura 22-c) e até superfícies mistas, como metal e madeira (Figura 22-d). Sendo que a colagem de papel foi sempre o parâmetro para a elaboração da cola e teve rendimento similar às colas comerciais.

Figura 22 – Teste de colagem: (a) metal x metal, (b) madeira x madeira, (c) cerâmica x madeira, e (d) metal x madeira





FONTE: AUTOR

## CONCLUSÃO

Os resultados permitiram concluir que:

- No tocante ao branqueamento do mesocarpo de babaçu, observa-se que o procedimento é viável, pois é nítida a remoção do corante presente no material, fato este que possibilita sua utilização para outros fins, como a produção de adesivos para papeis e outros substratos;
- Foi possível extrair e caracterizar o amido presente no mesocarpo do babaçu, sendo observado que este é muito similar a qualquer outro amido vegetal, portanto a produção da cola descrita no presente artigo poderia ser feita utilizando qualquer tipo de amido;
- Foi possível realizar a metilolação da melamina com a produção de seis tipos de metilois-melamina. A resina escolhida foi caracterizada e garantida sua propriedade como impermeabilizante;
- O adesivo final foi obtido com a aparência de uma mistura homogênea, que, no entanto após secar, forma uma mistura heterogênea com nítida visualização das fases, sendo que o amido fica no interior e a melamina nas extremidades;
- A metodologia proposta para o desenvolvimento de um novo adesivo formado pela mistura de cola amilácea de mesocarpo de babaçu misturada com resina melamina-formaldeído levou a um produto com elevada capacidade adesiva e baixa afinidade com água;
- A cola produzida apresenta vantagens de colar múltiplos substratos, como papel, madeira, metal e plástico. Também apresenta a vantagem de ter material prima abundante e seu procedimento de produção ser de fácil reprodução.
- Diante da possibilidade de uso de uma cola a base de mesocarpo de babaçu, produto de baixo valor agregado, verifica-se a viabilidade econômica do material produzido no presente trabalho.



## 6. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. E. C.; IWAKIRI, S.; KEINERT JÚNIOR, S. Adesão e adesivos. In: IWAKIRI, S. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: FUPEF, 2005. 1 - 30 p
- ALMEIDA, R.R., ALMEIDA, R. R., LACERDAB, L. G.; MURAKAMIB, F.S.C.; BANNACHD, G.; DEMIATEA, I.M.; SOCCOL, C. R.; CARVALHO FILHO, M.A.S., SCHNITZLER, E. Thermal analysis as a screening technique for the characterization of babassu flour and its solid fractions after acid and enzymatic hydrolysis, *Thermochimica Acta*, v. 519, p. 50-54, 2011.
- ALMEIDA, E. P. de. et al. *O amido de coco babaçu: nova agroindústria*. Informativo INT, Rio de Janeiro: v. 8, n. 7, p. 2-7, abr./jun. 1975.
- ALMEIDA, R. R., DEL MENEZZI, C. H. S., TEIXEIRA, D. E.; *Bioresour. Technol.*, 2002, 85, 159-163.
- AMORIM, E.; MATIAS, J. E. F.; COELHO, J. C. U.; CAMPOS, A. C. L.; STAHLKE JUNIOR, H. J.; TIMI, J. R. R.; ROCHA, L. C. A.; MOREIRA, A. T. R.; RISPOLI, D. Z.; FERREIRA, L. M. Efeito do uso topico do extrato aquoso de *Orbignya phalerata* (babacu) na cicatrizacao de feridas cutaneas: estudo controlado em camundongos. *Acta Cirurgica Brasileira*, v. 21, s. 2, p. 67-76, 2006.
- BATISTA, C.P.; TORRES, O.J.M.; MATIAS, J.E.F.; MOREIRA, A.T.R.; COLMAN, D.; LIMA, J.H.F.; MACRI, M.M.; RAUEN, J.R.; FERREIRA, L.M.; FRAITAS, A.C.T. Efeito do extrato aquoso de *Orbignya phalerata* (babacu) na cicatrizacao do estomago em camundongos: estudo morfologico e tensiometrico. *Acta Cirurgica Brasileira*. Supl 3:26-32, 2006.
- BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A.; *Introdução à química de alimentos*. 3 ed. São Paulo: Varela, 2003.
- BRASEQ – BRASILEIRA EQUIPAMENTOS. Viscosidade e reologia: noção básica. São Paulo. 2005. Disponível em: <http://www.braseq.com.br/pdf/brookfield.pdf>.. Acesso em: 28 jun. 2008.
- BULÉON, A., COLONNA, P., PLANCHOT, V., Ball. S.; *Int. J. Biol. Macromol.*, 1998, 23, 85-112.
- CRUZ, G.C.N.; COELHO, M.V.; *Dissertação de mestrado*, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil, 2006.
- DING, N., YAN, N., REN, C., CHEN, X.; *Anal. Chem.*, ( Washington – DC – US), 2010, 82, n. 13, 5897- 5899.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Departamento de Difusão de Tecnologia. Babaçu, Programa Nacional de Pesquisa. Brasília: p. 89, 1984.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Oleaginosas Potenciais do Nordeste para a produção de Biodiesel*. Campina Grande, p. 57. 2007.

FERREIRA, E. C.; MATIAS, J. E. F.; CAMPOS, A. C. L.; TAMBARA FILHO, R.; ROCHA, L. C. A.; TIMI, J. R. R.; SADO, H. N.; SAKAMOTO, D. G.; TOLAZZI, A.R. D.; SOARES FILHO, M. P. Análise da cicatrização da bexiga com o uso do extrato aquoso da *Orbignya phalerata* (babaçu): estudo controlado em camundongos. *Acta Cirurgica Brasileira*. vol. 21, s. 3, p. 33-39, 2006.

HE, D., ZHANG, X., GAO, B., WANG, L., ZHAO, Q., CHEN, H., WANG, H., & ZHAO, C.; *Food Control*, 2014, 36(1), 36-41.

KINLOCH, A.J.. *Adhesion and Adhesives : Science and Technology* Reprinted. ed. London: Chapman and Hall. p. 1. ISBN 0-412-27440-X.1987.

KUROKAWA, S.; KIKUSHI, T.; SAKAIRI, M.; TAKAHASHI, H. Fabrication of micro-dot arrays and micro-walls of acrylic acid/melamine resin of aluminum by AFM probe processing and electrophoretic coating. *Eletrochimica acta*. 53, 8118-8127. 2008.

LACERDA, A.L.S., REIS, E.L., BORGES, A.A., *HOLOS*, Ano 30, Vol.3 - Edição Especial - XXV ENTMME / VII MSHNT, 2014.

LAGOS, J. B. Estudo comparativo da composição química das folhas e cascas da *Trichilia catigua* A. Juss., Meliaceae. [Dissertação–Mestrado]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006.

LEI, H., FRAZIER, C.E.; *Int. J. Adhes. Adhes.*, 2015, 62, 40-44.

LEONEL M., *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 2007, 27(3): 579-588.

LIMA, L.M.R. Estudo de degradação térmica oxidativa de graxas. Tese de Doudorado. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

Lima CG, Vilela AFG, Silva AAS, Piannovski AR, Silva KK, Carvalho VFM, Musis CR, Machado SRP, Ferrari M. Desenvolvimento e avaliação da estabilidade física das emulsões O/A contendo óleo de babaçu (*Orbignya oleifera*). *Rev Bras Farm*. 2008;89(3):239-45.

LV, T., YAN, H., CAO, J., LIANG, S.; *Anal. Chem.*, 2015, 87, 11084–11091.

MARTINS, N.L.P.; MALAFAIA, O.; RIBAS FILHO, J.M.; HEIBEL, M.; BALDEZ, R.N.; VASCONCELOS, P.R.L.; MOREIRA, H.;MAZZA, M.; NASSIF, P.A.N.; WALLBACH, T.Z. Análise comparativa da cicatrização da pele com o uso

intraperitoneal de extrato aquoso de *Orbignya phalerata* (babaçu). Estudo controlado em ratos. Acta Cir. Bras. vol.21 suppl.3 São Paulo 2006.

MENDOZA, Z. M. S. H. Efeito da inclusão laminar nas propriedades de painéis aglomerados fabricados com resíduos da indústria laminadora. 2010. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, MG. 2010. 128 p.

MELO, L. P.; *Resumos do 2º Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica*, Joao Pessoa, 2007.

MIOTTO, F.R.C.; RESTLE, J.; NEIVA, J.N.M.; MACIEL, R.P.; FERNANDEZ, J.J.R. Consumo e digestibilidade de dietas contendo níveis de farelo do mesocarpo de babaçu para ovinos. Revista ciência agrônômica. v.43.n.4. 2012.

MORRISON, R., BOYD, R.; *Química Orgânica*. 14ª Edição. Editora Fundação: Calouste Gulbenkian, 2005.

MYLLÄRINEN, P., BULEON, A., LAHTINEN, R., FORSELL, P.; *Carbohydr. Polym.*, 2002, 48, 41-48.

PAVLAK, M.C.M. et al.,. *Evidência, Joaçaba*, 2007, 7, n. 1, p. 7-24.

PEREIRA FILHO, J.M., VIEIRA, E.L., SILVA, A.M.A., CEZAR, M.F., AMORIM, F.U.; *R. Bras. Zootec.*, 2003, 32, n.1, 70-76.

RANGEL, J.H.G., OLIVEIRA, M.M., CARNEIRO, F.J.C., MELO, L.P., CONCEIÇÃO, M. M.; ROJAS, M.O.A.I., SOUSA, A.G. *Revista Acta tecnológica*, 2011, 6, 12-17.

RIDOULT, M.J.; GUNNING, A.P.; PARKER, M.L.; WILSON, R.H.; MORRIS, V.J. Using AFM to image the internal structure of starch granules. Carbohydrate polymers. 50, 123-132. 2002.

SILVA, B. P.; PARENTE, P.; *Fitoterapia*, 2001,72, 887-893.

SILVA, N.R.S.; FERREIRA, A.C.H.; FATURI, C.; SILVA, G.F.; MISSIO, R.L.; NEIVA, J.N.M.; ARAÚJO, V.L.; ALEXANDRINO, E. *Cienc. Rural* vol. 42 nº. 10 Santa Maria Oct. 2012

SILVERSTEIN, R.M., WEBSTER, F.X., KIEMLE, D.J.; *Spectrometric identification of organic compounds*. John Wiley & Sons. 7ª.Ed., 2005.

SOUSA, A. I. P.; *Dissertação de mestrado*, Universidade Federal do Maranhão, Brasil, 2008.

SOUZA, M. G. Determinação de As, Cd e Pb em amendoas e mesocarpo de babacu, sapucaia, xixa e castanha-do-para por espectrometria de absorção atômica. *Química Nova*, vol. 32, n. 6, p. 1442-1446, 2009.

SOUZA, N. L. G. D. ; BRANDÃO, H.M ; OLIVEIRA, L.F.C .Análise térmica da degradação de quitosana utilizada em rúmen bovino. In: 34ª Reunião Anual da Sociedade de Química. Disponível em: <<http://sec.s bq.org.br/cdrom/34ra/resumos/T1718-1.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2011.

TEIXEIRA, M. A.; MILANEZ, L. F.; *Tese de doutorado*, Universidade Estadual de Campinas, Brasil, 2003.

TESTER, F.R.; MORRISON, W.R.; *American Association of Cereal Chemistry*, St. Paul, 1990, 67, 551-557.

TYAN, Y.C., YANG, M.H., JONG, S.B., WANG, C.K., J. Shiea *Anal. Bioanal. Chem.*, 2009, 395, 729–735.

VIEIRA, A. P; SANTANA, S. A. A.; BEZERRA, C. W. B.; SILVA, H. A. S.; CHAVES, J. A. P.; MELO, J. C. P.; SILVA, V. F.; C. AIROLDI. Epicarp and mesocarp of babassu (*Orbignya speciosa*): characterization and application in copper phtalocyanine dye removal. *Journal of Brazilian Chemical Society*. São Paulo, v. 22, n. 1, 2011.

WANDSCHEER, C.B. Desenvolvimento de bionegócios e conhecimento tradicional: uma análise de suas influências nas populações tradicionais no Brasil. *Revista brasileira de planejamento e desenvolvimento*. v.4,n.2. 2015

WANG D., ZHANG X., LUO S., LI S., *Adv. Mater. Phys. Chem.*, 2012, 2, 63-67.

WHISTLER, R.L.; BEMILLER, J.N.; PASCHALL, E.F.; *Starch: Chemistry and technology*. 2 ed.1984