

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS  
CURSO MESTRADO

**CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA E DIVERGÊNCIA  
GENÉTICA EM FRUTEIRA-PÃO (*Artocarpus altilis*  
variedade *seminifera*) DA COLEÇÃO DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA**

**Poliana dos Santos Pereira da Silva**

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA  
2018**

**CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA E DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM  
FRUTEIRA-PÃO (*Artocarpus altilis* variedade *seminifera*) DA  
COLEÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA  
BAHIA**

**Poliana dos Santos Pereira da Silva**  
Engenheira Florestal  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2015

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e Embrapa Mandioca e Fruticultura, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Cristina Vello Loyola Dantas  
**Coorientador:** Prof. Dr. Clair Rogério da Cruz  
**Coorientador:** Prof. Dr. Ricardo Franco Cunha Moreira

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA  
2018**

## FICHA CATALOGRÁFICA

S586c	<p>Silva, Poliana dos Santos Pereira da. Características da madeira e divergência genética em fruteira-pão (<i>Artocarpus altilis</i> variedade seminifera) da coleção da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia / Poliana dos Santos Pereira da Silva. _ Cruz das Almas, BA, 2018. 82f.; il.</p> <p>Orientadora: Ana Cristina Vello Loyola Dantas. Coorientador: Clair Rogério da Cruz.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.</p> <p>1.Madeira – Fruta-pão. 2.Madeira – Variabilidade genética. 3.Densidade – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Moreira, Ricardo Franco Cunha. III.Título.</p> <p>CDD: 630</p>
-------	---

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas – UFRB.  
Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Sarmento das Chagas (Bibliotecário – CRB5 / 1615).  
Os dados para catalogação foram enviados pela usuária via formulário eletrônico.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS  
CURSO MESTRADO

**CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA E DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM  
FRUTEIRA-PÃO (*Artocarpus altilis* variedade *seminifera*) DA  
COLEÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA  
BAHIA**

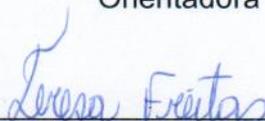
Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de  
Poliana dos Santos Pereira da Silva

Aprovado em 30 de Maio de 2018



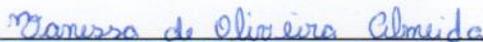
---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Cristina Vello Loyola Dantas  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/ UFRB  
Orientadora



---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Teresa Aparecida Soares de Freitas  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/ UFRB  
Examinadora



---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vanessa de Oliveira Almeida  
Faculdade Maria Milza/ FAMAM  
Examinadora

## DEDICATÓRIA

Aos meus Pais, por todo incentivo, confiança e amor.

A Tia Maria (*in memorian*) por todo apoio e carinho.

Dedico

Aos meus irmãos Ana Carla, Juliana e Igor pelo apoio, incentivo e por estarem ao meu lado em todos os momentos.

Ao meu namorado William, por todo carinho, companheirismo e dedicação.

Ofereço

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela força, coragem e sabedoria todos os dias, através dos conhecimentos adquiridos para a realização desse trabalho.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e ao Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais, por proporcionarem condições para realização do meu Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais por contribuírem com a minha formação acadêmica.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia, pela concessão da bolsa e apoio financeiro.

À minha mãe Ana e a meu pai Carlos por todo amor, carinho, paciência e conselhos dados para o meu crescimento enquanto pessoa.

Aos meus irmãos Igor, Ana Carla e Juliana pelo amor e apoio durante essa etapa.

Aos meus primos irmãos Robson, Ricardo, Celestino e Marcelo por todo apoio e carinho.

Ao meu namorado William pelo companheirismo, carinho e compreensão.

À minha orientadora Professora Ana Cristina Vello Loyola Dantas pelos ensinamentos compartilhados, orientação, dedicação, paciência, carinho, atenção e principalmente, pela amizade.

Aos Professores Ricardo Franco e Clair Cruz pela coorientação, contribuições e ensinamentos durante a realização deste trabalho.

À Professora Maria Angélica Carvalho pelo carinho e incentivo.

À Professora Soraia Fonteles pelo apoio, incentivo e por proporcionar o desenvolvimento da pesquisa no Laboratório de Genética de Organismos Aquáticos (LAGOA).

À Professora Simone Alves pelo apoio e contribuições no decorrer do desenvolvimento do trabalho realizado no Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (Nbio).

Às professoras Edna Lobo e Claudia Fortes pelas contribuições e sugestões dadas para esse trabalho.

À professora Teresa Freitas pelo incentivo e pelos conhecimentos transmitidos no Estágio Docência.

Ao Professor Carlos Alfredo Lopes de Carvalho pela disponibilização do laboratório do Grupo de Pesquisa Insecta e a Weliton pelo auxílio nas fotografias microscópicas.

A Nyree Zerega pelas informações transmitidas sobre a espécie.

A Elaine Cerqueira e Ciro Filadélfo pelo apoio, incentivo, auxílio nas análises, sugestões, conselhos e principalmente, pela amizade.

A Nane pelo apoio, incentivo e sugestões das análises.

A Darcilucia pelo apoio e ensinamentos para o desenvolvimento do trabalho.

Às técnicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Vitória, Gabriela, Simone e em especial, a Elisângela pelo apoio, incentivo e pela amizade.

Aos técnicos da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Vanderson e Andressa por terem contribuído nas análises.

Ao Sr. Alberico Santana pelo apoio e conhecimentos compartilhados.

Aos funcionários da Fazenda Experimental do Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas (CCAAB) pelo apoio e auxílio na condução do trabalho no campo.

Aos funcionários da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em especial, a Rosimeire, Sr. Hélio e Elias pelo apoio e incentivo no decorrer da pesquisa.

Aos membros do grupo de pesquisa Fruticultura Tropical (Fredson, Taíse, Eliane, Raissa, Rejane, Milena, Jeane, Naiara, Mirelli, Samara, Gabriel, Karine e Rafaelle) pelo apoio e ajuda nas coletas.

Aos amigos que ganhei nessa jornada, em especial Hilçana, Gabriela, Dayse, Matheus, Thiago, Emile, Taíse Paixão por todos os momentos compartilhados.

Às minhas amigas Simone, Silvana e Taise Almeida pelo apoio, carinho, cuidado e pela força que sempre me deu nos momentos difíceis.

A Douglas e William pelo auxílio na identificação das plantas e momentos de alegria.

A Gilmara e Mauricio pelo apoio, incentivo e amizade.

A todos, que direta e indiretamente, contribuíram para a conquista dessa etapa.

Muito obrigada!

## EPÍGRAFE

Quando vem de Deus  
A gente sabe.  
É diferente.

William Sanches

# CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA E DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM FRUTEIRA-PÃO (*Artocarpus altilis* variedade *seminifera*) DA COLEÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

Autora: Poliana dos Santos Pereira da Silva  
Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Cristina Vello Loyola Dantas  
Coorientador: Prof. Dr. Clair Rogério da Cruz  
Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Franco Cunha Moreira

**RESUMO:** A *Artocarpus altilis* var. *seminifera* é conhecida como fruta-pão de caroço, contendo inúmeras sementes que podem ser consumidas na alimentação humana. A espécie também apresenta utilização na medicina popular e no setor madeireiro. Os objetivos do trabalho foram caracterizar a madeira e avaliar a divergência genética da coleção de fruteira-pão, *A. altilis* var. *seminifera*, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em Cruz das Almas, Bahia, Brasil. Para a caracterização da madeira foram mensurados o diâmetro a 0,20 cm da altura do solo das árvores e a partir do diâmetro médio representativo foram selecionadas três árvores de fruteira-pão. Para cada árvore foi determinada a altura total e realizada a cubagem rigorosa, avaliando-se características anatômicas: comprimento, largura, espessura da parede e diâmetro do lúmen das fibras e o diâmetro e frequência dos vasos, e características físicas: volume, densidade básica da madeira, densidade básica da casca, contrações tangenciais e radiais, coeficiente de anisotropia e densidade básica das amostras. As fibras da madeira são curtas, com largura e espessura maiores no sentido medula-casca. Os vasos são numerosos e aumentam no sentido medula-casca. A madeira é considerada leve, com densidade básica baixa (0,270 g/cm<sup>3</sup>) e elevado coeficiente de anisotropia (3,9). A madeira de *Artocarpus altilis* var. *seminifera* apresentou potencial madeireiro, podendo ser utilizada na fabricação de laminados, compensados e caixotaria. Para a caracterização molecular com marcadores microssatélites (SSR), folhas de 27 plantas de fruteira-pão foram coletadas, liofilizadas e utilizadas para a extração do DNA genômico. Entre os 25 pares de marcadores utilizados, 19 amplificaram e identificaram indivíduos homozigotos e heterozigotos. O número de alelos por loco variou de 3 a 10, com uma média de 5,7 alelos em 19 locos. Os valores do conteúdo de informação polimórfica variaram de 0,52 a 0,86 em todos os 19 loci, com uma média de 0,68. O primer MAA178a foi o melhor na identificação das 27 plantas revelados pelos valores de PIC. A frequência do alelo mais comum em cada loco variou de 18% (MAA178a) a 55% (MAA3). O coeficiente de dissimilaridade genética dos pares indicou que a menor distância genética foi obtida entre as plantas FPS18 e FPS23 (D=0,3684) e a maior, nas plantas FPS15 e FPS16 (D=0,9737). Verificou-se a formação de cinco grupos, sendo que as plantas: FPS18, FPS21, FPS20, FPS8, FPS12, FPS13, FPS19, FPS23, FPS25, FPS26, FPS14, FPS24, FPS9, FPS22, FPS15 e FPS27 foram as mais similares entre si e as plantas FPS1 e FPS2, as mais dissimilares. A caracterização molecular das plantas proporcionou informações precisas sobre a divergência genética da espécie, de modo que possa auxiliar no desenvolvimento de programas de melhoramento genético.

**Palavras-chave:** Caracterização molecular; Fruta-pão de caroço; Propriedades da madeira.

## CHARACTERISTICS OF WOOD AND GENETIC DIVERGENCE IN BREADFRUIT (*Artocarpus altilis* variety *seminifera*) FROM THE COLLECTION OF THE BAHIA RECONCAVO FEDERAL UNIVERSITY

Author: Poliana dos Santos Pereira da Silva

Advisor: Prof<sup>a</sup> Dr. Ana Cristina Vello Loyola Dantas

Co-advisor: Prof. Dr. Clair Rogério da Cruz

Co-advisor: Prof. Dr. Ricardo Franco Cunha Moreira

**ABSTRACT:** *Artocarpus altilis* var. *seminifera* is known as stone-breadfruit, containing numerous seeds that can be consumed in human food. The species is also used in folk medicine and in the timber industry. This work aimed to characterize the wood and evaluate the genetic divergence on the breadfruit collection, *A. altilis* var. *seminifera*, from the Bahia Reconcavo Federal University, in Cruz das Almas, Bahia, Brazil. For wood characterization, the diameter was measured at the height of 0.20 cm from the ground and from the representative average diameter of three breadfruit trees were selected. For each tree, the total height was determined and the rigorous volume determination was performed, and we evaluated anatomical characteristics: length, width, wall thickness and fiber lumen diameter and vessel diameter and frequency, and physical characteristics: volume, basic wood density, basic bark density, tangential and radial contractions, anisotropy coefficient and basic density of the samples. The fibers of the wood are short, with greater width and thickness in the spinal-bark direction. The vessels are numerous and increase in the spinal-bark direction. The wood is considered light, with low basic density (0.270 g/cm<sup>3</sup>) and high coefficient of anisotropy (3.9). The wood of *Artocarpus altilis* var. *seminifera* presented timber potential; it can be used to make laminates, plywood and boxes. For the molecular characterization with microsatellite markers (SSR), leaves from 27 breadfruit plants were collected, lyophilized and used for the extraction of genomic DNA. Among the 25 pairs of markers used, 19 amplified and identified homozygous and heterozygous individuals. The number of alleles per locus ranged from 3 to 10, with an average of 5.7 alleles in 19 loci. The values of polymorphic information content ranged from 0.52 to 0.86 in all 19 loci, with a mean of 0.68. The first MAA178a was the best in identifying the 27 plants revealed by the PIC values. The frequency of the most common allele in each locus ranged from 18% (MAA178a) to 55% (MAA3). The genetic dissimilarity coefficient of the pairs indicated that the lowest genetic distance was obtained between the plants FPS18 and FPS23 ( $D = 0.36684$ ) and the greater, in the plants FPS15 and FPS16 ( $D = 0.9737$ ). It was verified the formation of five groups, and the plants FPS18, FPS21, FPS20, FPS8, FPS12, FPS13, FPS19, FPS23, FPS25, FPS26, FPS14, FPS24, FPS9, FPS22, FPS15 and FPS27 were the most similar among themselves and the FPS1 and FPS2 plants, the most dissimilar. The molecular characterization of the plants provided accurate information on the genetic divergence of the species, so that it can aid in the development of breeding programs.

**Keywords:** Molecular characterization; Stone breadfruit; Wood properties.

## LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

<b>Capítulo 1</b>	<b>Página</b>
<b>Figura 1</b> Coleta das amostras. A e B. Medição do diâmetro a 0,20 cm do solo; C. Medição do comprimento dos galhos; D. Medição do diâmetro dos galhos.....	26
<b>Figura 2</b> Caracterização anatômica das fibras da madeira de <i>Artocarpus altilis</i> var. <i>seminífera</i> . A. Retirada da amostra no disco; B. Amostra da madeira; C. Cortes da amostra; D. Amostra colocada no recipiente plástico e E. Amostras utilizadas para determinar as dimensões das fibras.....	27
<b>Figura 3</b> Cortes anatômicos transversais da madeira de <i>Artocarpus altilis</i> var. <i>seminífera</i> . A. Cortes anatômicos das partes: Externa (1), Intermediária (2) e Central (3); B. Cortes corados com safranina.....	28
<b>Figura 4</b> Amostras da madeira de <i>Artocarpus altilis</i> var. <i>seminífera</i> . A. Discos com casca; B. Remoção das cascas; C. Cascas colocadas no saco e D. Disco e a casca da madeira .....	28
<b>Figura 5</b> Densidade básica da madeira de <i>Artocarpus altilis</i> var. <i>seminífera</i> . A. Cunha; B. Volume verde da amostra e C. Peso seco da amostra.....	29
<b>Figura 6</b> Contrações radiais e tangenciais e densidade básica das amostras da madeira de <i>Artocarpus altilis</i> var. <i>seminífera</i> . A. Disco da base; B. Amostras do disco; C. Medição da contração tangencial; D. Medição da contração radial; E. Amostra da madeira; F. Volume verde da amostra e G. Peso seco da amostra.....	30
<b>Figura 7</b> A. Fibras da madeira de <i>Artocarpus altilis</i> var. <i>seminífera</i> visualizadas na objetiva de 10X; B. Largura (LF); Espessura da parede das fibras (EPF) visualizadas na objetiva de 40X; Comprimento das fibras (CF) visualizadas na objetiva de 10X.....	33
<b>Figura 8</b> Cortes anatômicos da madeira de <i>Artocarpus altilis</i> var. <i>seminífera</i> . Frequência e diâmetro do vasos visualizados na objetiva de 10X. A. Externa; B. Intermediária; C. Central D. Plano transversal; E. Plano longitudinal tangencial e F. Plano longitudinal radiais visualizadas na objetiva de 10X.....	35
 <b>Capítulo 2</b>	
<b>Figura 1</b> Preparação das amostras para a liofilização das folhas. A. Coleta das folhas; B. Folha; C. Lavagem das folhas em água corrente; D. Lavagem das folhas em água destilada; E. Cortes das folhas; F. Parte da folha sem nervura; G. Cortes dos pedaços das folhas; H. Amostras colocadas no eppendorf de 2,0 mL; I. O eppendorf sendo vedado com filme de PVC; J. Furos no filme de PVC com a ponteira.....	53

<b>Figura 2</b>	Amostras liofilizadas. A. Amostras no liofilizador; B. Caixa criobox com as amostras liofilizadas; C. Maceração das amostras liofilizadas; D. Amostras maceradas; E. Amostras liofilizadas com e sem maceração.....	53
<b>Figura 3</b>	Extração do DNA das plantas de <i>Artocarpus altilis</i> var. <i>seminifera</i> . A. Amostra liofilizada com a solução tampão de extração; B. Retirada do sobrenadante para outro microtubo de 1,5 mL; C. Após a segunda lavagem para a retirada do sobrenadante e D. DNA genômico. ....	54
<b>Figura 4</b>	Quantificação do DNA das 27 plantas de <i>Artocarpus altilis</i> var. <i>seminífera</i> .....	55
<b>Figura 5</b>	Diluição do DNA das 27 plantas de <i>Artocarpus altilis</i> var. <i>seminifera</i> .....	55
<b>Figura 6</b>	Reação de PCR. A. Cuba; B. Visualização dos fragmentos amplificados e C. Transiluminador (L-PIX).....	57
<b>Figura 7</b>	Padrão eletroforético obtido pela amplificação do DNA em 27 plantas de <i>Artocarpus altilis</i> var. <i>seminifera</i> , utilizando os primers de microssatélites MAA178a e MAA196. M = Marcador Ladder 100 pb.....	59
<b>Figura 8</b>	Diagrama de dispersão das áreas referentes às plantas de <i>Artocarpus altilis</i> var. <i>seminífera</i> analisado via marcadores microssatélites.....	64
<b>Figura 9</b>	Dendrograma baseado no método UPGMA de 27 plantas de <i>Artocarpus altilis</i> var. <i>seminífera</i> analisados via marcadores microssatélites. ....	65

## LISTAS DE TABELAS

Capítulo 1		Página
<b>Tabela 1</b>	Valores médios do comprimento, largura, espessura da parede e diâmetro do lúmen das fibras nas posições interna, central e externa da madeira das árvores de <i>Artocarpus altilis</i> variedade <i>seminífera</i> .....	32
<b>Tabela 2</b>	Valores médios da frequência e do diâmetro dos vasos da madeira das árvores de <i>Artocarpus altilis</i> variedade <i>seminífera</i> .....	34
<b>Tabela 3</b>	Valores dos Índices de qualidade de fibras para a produção de papel da madeira de <i>Artocarpus altilis</i> var. <i>seminífera</i> .....	36
<b>Tabela 4</b>	Volumes total, com casca e sem casca e a porcentagem de casca das árvores de <i>Artocarpus altilis</i> var. <i>seminífera</i> amostradas.....	37
<b>Tabela 5</b>	Valores médios da densidade básica (DB) da madeira e da casca das árvores de <i>Artocarpus altilis</i> var. <i>seminífera</i> .....	38
<b>Tabela 6</b>	Valores médios de contrações tangenciais (Ctang), radiais (Crad), do coeficiente de anisotropia (CA) e da densidade básica da madeira de <i>Artocarpus altilis</i> var. <i>seminífera</i> .....	39
 <b>Capítulo 2</b>		
<b>Tabela 1</b>	Características de 25 locos microssatélites amplificados na <i>Artocarpus altilis</i> var. <i>seminífera</i> .....	56
<b>Tabela 2</b>	Produto de amplificação dos 19 iniciadores SSR, em 27 plantas de <i>Artocarpus altilis</i> var. <i>seminífera</i> da coleção da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. ....	60
<b>Tabela 3</b>	Matriz de dissimilaridade genética entre pares das 27 plantas de <i>Artocarpus altilis</i> var. <i>seminífera</i> obtidas das análises de marcadores microssatélites.....	63

## SUMÁRIO

RESUMO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTAS DE TABELAS

INTRODUÇÃO GERAL .....	1
REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>21</b>
CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E FÍSICAS DA MADEIRA DE <i>Artocarpus</i> <i>altilis</i> variedade <i>seminifera</i> .....	21
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>47</b>
DIVERGÊNCIA GENÉTICA DE <i>Artocarpus altilis</i> variedade <i>seminifera</i> DA COLEÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA .....	47
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>69</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

Disseminada em diversas regiões tropicais do mundo, a fruteira-pão é uma espécie frutífera originada do arquipélago asiático (SACRAMENTO et al., 2009). Os frutos podem ou não possuir sementes e são utilizados sob diversas formas de consumo, em diferentes estágios de desenvolvimento (RAGONE, 2011), como alimento energético, por ser fonte de carboidratos complexos, vitaminas e minerais (MAXWELL et al., 2013). No Brasil, são encontradas duas variedades de fruteira-pão: a variedade apyrena, conhecida com fruta-pão de massa e a variedade seminífera, conhecida como fruta-pão de semente ou de caroço. A fruteira-pão var. apyrena é a cultura encontrada em maior escala, sendo distribuída em áreas litorâneas do Estado do Pará até o norte do Estado de São Paulo, porém não há registros de cultivos para a exploração comercial, sendo implantadas consorciadas com outros cultivos (SACRAMENTO et al., 2009). Em virtude da pequena produção, a fruta-pão é comercializada em feiras livres (MANICA, 2002).

O fruto da fruteira-pão foi inserido no sistema multilateral do Tratado Internacional pela cultura apresentar várias utilizações (alimentação, medicamentos, repelentes, madeira, entre outros) e pela sua importância na segurança alimentar (FAO, 2009), sendo identificado para substituir o arroz e o trigo (TEELUCK et al., 2016).

O fruto da fruteira-pão variedade apyrena é utilizado na alimentação, inclusive para elaboração de farinha que representa uma forma alternativa de aproveitamento e conservação das características nutritivas do fruto, podendo ser estocada por maior período, sendo leve e de fácil manuseio (MOREIRA et al., 2006). Ao elaborar a farinha de fruta-pão e avaliar o efeito na microbiota intestinal de ratos Wistar, Pereira et al. (2010) verificaram que o produto se destacou das demais farinhas avaliadas (milho e mandioca) em termos de maior teor de cinzas e lipídeos e menor teor de umidade e mostrando ser uma boa fonte de carboidrato, sem alterar os teores de proteína e fibra.

Outras partes da planta, como as raízes, caule, folhas, flores, frutos, inflorescências masculinas e o látex são empregados na medicina popular para a prevenção de doenças, como hipertensão e diabetes (MORTON, 1987) e apresenta também valor florestal, sendo sua madeira de uso total. A casca pode ser utilizada para extração de fibras, o látex, para calafetar barcos (CALZAVARA, 1987) e a

madeira fornece materiais para construção de edifícios, barcos e fibras para produção de tecidos (RAGONE, 1997).

O látex bruto da fruta-pão é uma fonte potencial de proteases coagulantes do leite (SOARES et al., 2015) e, segundo os mesmos autores, é uma possível alternativa para a produção de coalho animal, abrindo espaço para estudos futuros, a fim de verificar o seu potencial de aplicações em alimentos.

Jeon et al. (2015) analisaram e verificaram que os extratos fenólicos produzidos da fruta-pão var. *apyrena* podem reduzir a atividade do gene STAT3 e assim inibir crescimento do câncer de próstata.

Ao realizarem um estudo para identificar quais as substâncias químicas responsáveis para repelir as fêmeas adultas do *Aedes aegypti*, Jones et al. (2012) verificaram a presença de 30 compostos na inflorescência masculina, incluindo uma mistura de terpenos aldeídos, ácidos graxos e aromáticos, indicando que os resultados fornecem suporte para esta prática tradicional da Oceania e indicam o potencial das inflorescências masculinas de fruta-pão como repelente de mosquitos.

A fruteira-pão variedade seminífera é semelhante à fruteira-pão de massa quanto à sua descrição morfológica, sendo a principal diferença o fruto, que além das sementes, apresenta a casca coberta de falsos espinhos ou acúleos. A planta possui maior popularidade na região amazônica (SILVA; TASSARA, 2005).

A *A. altilis* var. seminífera apresenta diversas formas de utilização, as folhas podem ser cozidas e usadas para o tratamento de doenças, como pressão e aliviar os sintomas de asma, as gemas florais masculinas e femininas como vegetais cozidos e as sementes (em média de 59 sementes por fruto) são de excelente qualidade nutricional, podendo ser consumidas cozidas ou assadas, como castanhas e para produção de óleo (constituído por ácido palmítico, oleico e ácido linoléico) (SACRAMENTO et al., 2009).

A madeira é um material renovável com propriedades físicas e anatômicas que a tornam um material versátil, por apresentar beleza, resistência, durabilidade e fácil trabalhabilidade. Algumas espécies podem apresentar baixa durabilidade, rachaduras, fendilhamentos e empenamentos, sendo importante o conhecimento das propriedades para viabilizar a sua correta utilização (VIDAL et al., 2015).

A caracterização da variação genética de uma determinada espécie é essencial para obter o sucesso de um programa de melhoramento genético (GIUSTINA et al., 2017). Pesquisas sobre caracterização genética são

desenvolvidas com intuito de obter mecanismos e estratégias visando a preservação da diversidade genética e a conservação das espécies vegetais de interesse econômico, biotecnológico e ambiental (BEI et al., 2014). Para o desenvolvimento desses estudos são utilizados aplicados marcadores moleculares, pois permitem identificar as tendências evolutivas e relações filogenéticas entre as espécies (ALAM et al., 2015).

No entanto, pouco são os estudos disponíveis sobre as características das plantas, frutos e madeira da fruteira-pão variedade seminífera, sendo de grande interesse para a determinação de seu potencial de utilização.

O objetivo do presente trabalho foi a caracterização anatômica e física da madeira de *Artocarpus altilis* var. *seminífera* para subsidiar ações que visem o conhecimento de usos mais adequados e do potencial madeireiro da espécie, testar o potencial dos marcadores microssatélites desenvolvidos para *Artocarpus altilis* na espécie *Artocarpus altilis* variedade seminífera e caracterizar a divergência genética existente na coleção de fruteiras-pão da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Origem e Distribuição da fruteira-pão - *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg

A família da Moraceae está distribuída em regiões tropicais do mundo sendo representada por 63 gêneros com aproximadamente 1.500 espécies. No Brasil, são encontrados 28 gêneros abrangendo 340 espécies (BARROSO et al., 2002). No Sudeste Asiático são encontradas aproximadamente 50 espécies nativas do gênero *Artocarpus* (WANG et al., 2007).

Dentro dessa família são encontradas espécies frutíferas, entre as quais está a *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg, com características alimentares, medicinais e madeireiro de grande importância para o homem (SACRAMENTO et al., 2009). É considerada uma das frutas mais importantes para algumas populações das ilhas do Oceano Pacífico, pois o fruto está inserido na base alimentar e pode ser utilizado de várias formas (MANICA, 2002).

As controvérsias da distribuição da fruta-pão de caroço é que essa variedade é nativa de uma grande área da Nova Guiné, que através do Arquipélago Indo-

Malaio, foi distribuída até o oeste da Micronésia e espalhada pelas áreas do Oceano Pacífico, pelos imigrantes polinésios (MORTON, 1987).

Grandes são as evidências que a fruteira-pão de sementes encontrada nas Filipinas foi inseridas nas Ilhas Ocidentais Francesas (Martinica) em 1782. As plantas com frutos de sementes chegaram à Jamaica em 1782, por meio de um navio francês. Há registros que, em 1784, duas variedades de fruta-pão de caroço foram levadas para a Jamaica, sendo disseminada, rapidamente, para outras ilhas. Em 1793, fruteiras-pão foram enviadas de Martinica para São Vicente (SACRAMENTO et al., 2009).

Segundo Pio Correa (1926), a fruteira-pão foi introduzida no Brasil em 1801, no estado do Pará, no início do século XIX, pelo governador Dom Francisco de Souza Coutinho, a partir de sementes e mudas obtidas da Guiana Francesa (Caiena), de modo que proporcionou a dispersão da cultura no País.

A espécie apresenta duas variedades conhecidas de fruta-pão, a *apyrena* e a *seminífera*. A *Artocarpus altilis* var. *apyrena* é a fruteira-pão que tem a polpa como fonte de alimento, podendo ser consumida de várias formas: cozida, assada, seco, fermentado, em conserva e como farinha. O fruto possui forma globosa. Sua casca é áspera, no início da maturação, recoberta por placas poligonais, sendo cada, uma flor. Quando o fruto amadurece apresenta coloração amarela e lisa (CALZAVARA, 1987).

No Brasil, a importância da fruteira-pão var. *apyrena* é em pequena escala, abrangendo o Estado de São Paulo até o extremo norte do Brasil. É uma cultura que se adapta melhor em regiões mais baixas e chuvosas. São comuns em pomares domésticos da faixa litorânea nos estados do Espírito Santo, Bahia, Paraíba, Alagoas, Sergipe e Pernambuco, nas serras úmidas do estado do Ceará, como também em quintas agroflorestais da Amazônia (CALZAVARA, 1987).

A fruta-pão com semente é *Artocarpus altilis* var *seminífera*, semelhante à variedade *apyrena*, porém, o fruto apresenta na parte externa da casca, inúmeros "picos", falsos espinhos ou acúleos e quando madura, apresenta coloração verde-amarelada (CALZAVARA, 1987). As sementes dessa variedade apresentam excelente qualidade nutritiva, podendo ser consumidas como castanha, e também assadas ou cozidas (SILVA; TASSARA, 2005). Segundo Sacramento et al. (2009), a fruta-pão variedade *seminífera* não é comum nas regiões litorâneas e seus frutos não é utilizado na alimentação.

Segundo Pereira e Kaplan (2013), a planta de *Artocarpus altilis* é rica de substâncias fenólicas as quais amenizam o estresse oxidativo e auxiliam na defesa de agentes patógenos e herbívoros. A árvore também pode fornecer medicamentos, repelentes e adesivos. A sua madeira pode ser utilizada para construção de casas, canoas e na fabricação de pranchas de surf e tambores (McCOY et al., 2010).

Apesar dos aspectos e do potencial da cultura, segundo Ragone (1997) a fruteira-pão continua a ser uma espécie pouco utilizada em algumas partes do mundo e com seu mercado internacional limitado. Atualmente, pesquisadores vêm estudando o grande potencial dos frutos da fruteira-pão, por apresentar alto teor de carboidratos, sendo realizadas análises com o intuito de conhecer a maturação, composição, preservação e utilização da fruta-pão (MANICA, 2002).

Segundo Murch et al. (2008), em muitas áreas produtoras de fruteira-pão no Havaí, o cultivo e a utilização da cultura estão em declínio, tendo como consequência o desaparecimento de um número de cultivares, acarretando assim, na diminuição da diversidade, porém, são as informações disponíveis sobre a diversidade de cultivares da *Artocarpus altilis*.

### **Caracterização e uso da espécie**

A espécie *Artocarpus altilis* variedade seminífera, popularmente conhecida como fruteira-pão de caroço, é uma árvore bastante frondosa e de rápido crescimento, podendo atingir entre 15 até 30 m de altura. Seu tronco é coberto de canais, que produzem látex, que estão também presentes nas folhas e nas inflorescências (MANICA, 2002; SACRAMENTO et al., 2009). Com sistema radicular desenvolvido, apresenta raízes vigorosas que se estendem horizontalmente por mais de 10 m (SACRAMENTO et al., 2009).

Conforme Prance e Silva (1975) e Cavalcante (1979) a fruta-pão apresenta folhas simples, pecioladas, espiraladas, coriácea, com limbo elíptico. São grandes, com 34 - 75 cm de comprimento e de 26 - 46 cm de largura. Algumas folhas são menores e estão localizadas na parte apical do ramo. A margem é serrada e lombada, estando o limbo dividido, de 9 a 11 lobos. Ápice acuminado, com base cuneada, pilosa em ambas as faces, com pecíolo de 4,5 cm a 8,5 cm e a nervura central bem robusta. Antes de abrir, a folha é protegida por uma estípula decídua,

coriácea, disposta no ápice dos ramos, com 13 a 30 cm de comprimento (MANICA, 2002; SACRAMENTO et al., 2009).

Ao avaliar a *Artocarpus altilis* var. *seminífera*, Marie-Magdeleine et al. (2010), verificaram que as folhas dessa espécie possuem compostos fenólicos ativos que podem ser utilizados como antiparasitas contra o nematodo gastrointestinal *Haemonchus contortus* em pequenos ruminantes do Caribe. Riasari et al. (2017) verificaram que o extrato de metanol de folhas verdes de fruteira-pão (*Artocarpus altilis*) fermentadas apresentaram atividades antibacteriana contra o crescimento de *Staphylococcus epidermidis*, *Escherichia coli*, *Propionibacterium acnes* e antifúngicas contra o crescimento de fungos *Candida albicans*.

As inflorescências são originadas em racemos axilares e são monoicas (flor masculina e feminina, separadas na mesma planta). As flores são unissexuais, gamopétalas, diclamídeas, possuem 0,5 de comprimento, com o receptáculo inserido no eixo, são sesséis, com sépalas imbricadas e pilosas. O estame encontra-se inserido no receptáculo e o carpelo, com ovário súpero (SACRAMENTO et al., 2009).

A inflorescência masculina, estaminada, é pendente e pouco esponjosa. Seu crescimento é dentro de uma clava cilíndrica, flexível, de 15 a 30 cm de comprimento e de 3 a 4 cm de diâmetro, sendo sustentada por um pedúnculo robusto. Apresenta coloração amarelada (CALZAVARA, 1987). As flores masculinas são pequenas e numerosas, possuindo um estame e duas anteras (MANICA, 2002).

A inflorescência feminina é pistilada, globosa, composta de muitas flores unicarpelares, envolvendo um receptáculo globoso. Agrupam-se formando capítulos de conformação subglobosa ou ovóide, com o perianto na base. O ovário tem somente um óvulo (SACRAMENTO et al., 2009).

O fruto é composto e formado por ovários maduros, é um sincarpo arredondado, globoso ou oval, de 10 a 30 cm de diâmetro, pesando até 4 kg. Possui coloração verde quando está imaturo, tornando-se bronzeado a amarelado, comprido quando maduro. A depender da variedade, pode conter ou não sementes. A polpa é fibrosa, branca quando imatura, e amarelada quando o fruto estiver maduro (SILVA; TASSARA, 2005).

Bezerra et al. (2017) verificaram que a polpa da fruta-pão da variedade *apyrena* apresenta expansão e achatamento dos polígonos. Com a redução dos picos no centro, a casca apresenta aspecto relativamente suave e aparência

achatada. Ainda são necessários estudos que visem a melhor utilização da fruta-pão, pois vários são os problemas que dificultam a comercialização dessa cultura, em função da sazonalidade e perecibilidade dos frutos (JONES et al., 2012).

A outra variedade é a *Artocarpus altilis* var. *seminífera*, originária da Oceania e do sul da Ásia e comumente cultivada em toda Amazônia (FALCAO et al., 2001). É bastante semelhante à anterior, porém com porte mais elevado e vigoroso e frutos possuem sementes (CALZAVARA, 1987). Esses frutos apresentam na parte externa da casca, uma diferença acentuada, onde aparecem no epicarpo, inúmeros picos ou espículas com coloração verde-amarelada, cada uma correspondendo a uma flor, assemelhando-se ao fruto da jaqueira (*Artocarpus heterophyllus*) (CALZAVARA, 1987; SACRAMENTO et al., 2009).

As sementes apresentam cor castanha quando maduras e 2 a 3 cm de comprimento (MENDES FERRÃO, 1999). Possuem paredes finas, são subglobosas ou ovoides e o seu tegumento externo é castanho-escuro brilhante e o tegumento interior, castanho claro, com pouco ou nenhum endosperma (RAGONE, 1997) correspondendo de 30 a 50% do peso do fruto (PARROTTA, 1994).

Os frutos apresentam número variável de sementes, de 50 a 60 sementes por fruto (SACRAMENTO et al., 2009) ou até 80 sementes por fruto, com peso médio de 10 g (QUIJANO E ARANGO, 1979). Bennett e Nozzolillo (1987) encontraram em torno de 59 sementes com peso médio de 7,7 g e Quijano e Arango (1979) observaram entre 32 a 127 sementes por fruto com peso variando de 4,4 g a 10,5 g.

A propagação da variedade com sementes é por via sexuada devendo ser semeadas imediatamente após serem extraídas por apresentar comportamento recalcitrante (MORTON, 1987). Além disso, suas sementes podem ser utilizadas para produção dos porta-enxertos na enxertia da variedade sem sementes, como realizada por Santana et al. (2014).

### **Propriedades da madeira**

A madeira é um material orgânico heterogêneo, constituído basicamente de celulose, hemicelulose, lignina e extrativos. Também, apresenta versatilidade de utilização para obtenção de uma série de produtos (GONÇALVES et al., 2009). Segundo Sousa et al. (2007), a madeira é uma matéria-prima de grande importância, sendo muito utilizada na fabricação de postes, toras, móveis e papéis.

Todas as espécies de madeira tendem a possuir variações naturais em suas características e essas são provenientes de diferenças genotípicas, como também das diferentes respostas às condições ambientais e do manejo adequado (PASHIN; ZEEUW, 1964). As propriedades da madeira de árvores que são plantadas em um ambiente exótico podem ser diferentes daquelas plantadas em ambientes nativos e essa diferença afeta a sua utilização em diversos produtos (LATORRACA; ALBUQUERQUE, 2000).

A utilização da madeira para determinado uso está relacionada ao estudo associado das suas características anatômicas, químicas, físicas e mecânicas (GONÇALVES et al., 2009).

As propriedades físicas da madeira de várias espécies variam radialmente no tronco, sendo que os primeiros anéis de crescimento apresentam fibras mais curtas e menor massa específica, causando diferenças significativas entre lenho juvenil e lenho adulto (LATORRACA; ALBUQUERQUE, 2000).

Segundo Carreira et al. (2012), conhecer as propriedades físicas possibilita uso racional da madeira. Juízo et al. (2015) ressaltaram que estudos realizados para identificar os fatores que afetam as propriedades físicas da madeira mostram que esses fatores relacionam-se com as características da própria espécie, da sua localização dentro do tronco, do ambiente em que está se desenvolvendo, e assim determinar a sua utilização.

Das propriedades da madeira, a mais utilizada é a densidade básica, que se correlaciona diretamente com outras propriedades, além de ser mais fácil de ser determinada (BATISTA et al., 2010).

A retratibilidade também é uma importante característica, pois avalia a estabilidade dimensional das madeiras, de grande importância para aplicações em que a madeira não deve apresentar contrações excessivas durante sua utilização (MARQUES et al., 2012).

A caracterização anatômica da madeira possibilita a identificação das espécies, como também as informações necessárias da estrutura e propriedades da madeira, principalmente referentes a permeabilidade, massa específica, resistência natural e trabalhabilidade (CHAGAS et al., 2014).

Segundo Trugilho et al. (1996), numa mesma espécie, podem ocorrer variações significativas das composições da madeira em função da altura do tronco e da distância direção da medula até a casca.

As fibras são células que constituem a maior porcentagem do lenho no qual normalmente desempenham a função de sustentação (BURGER; RICHTER, 1991). Malan (1995) ressaltou que a espessura da parede das fibras está relacionada com a densidade da madeira e que as variações na espessura da parede encontradas entre e dentro das árvores são similares ao padrão de variação da densidade.

Os elementos de vasos têm a função de conduzir a seiva das raízes até a copa das árvores. Os vasos tendem a variar conforme a frequência, o diâmetro, a forma e o arranjo dentro da árvore (SILVA et al., 2007).

A madeira, matéria-prima que apresenta composição química, física e anatômica distintas (DELUCIS et al., 2013; IWAKIRI et al., 2013; VALENTE et al., 2013), pode produzir polpas com diferentes propriedades quando é submetida ao processo de fabricação de papel (PEDRAZZI et al., 2013).

Além da heterogeneidade da composição da madeira, as variáveis do processo também influenciam nas características do produto final (ANDREW et al., 2013; SIMON et al., 2014; MANFREDI et al., 2012; MANFREDI et al., 2013). Segundo Zanuncio et al. (2016) a madeira e as variáveis do processo de polpação influencia diretamente na fabricação e qualidade do papel.

Para saber a correta utilização, é necessário o conhecimento das características anatômicas, físicas e mecânicas da madeira. A partir dessas informações é possível determinar o uso adequado do material e do produto desejado (OLIVEIRA, 2007). Em função disso, é importante conhecer o comportamento de cada espécie, pois para obter produtos com qualidade, é preciso que todas as operações que envolvam a madeira, como processamento, secagem, colagem e aplicação de acabamentos, sejam realizadas de forma segura e adequada (DIAS JÚNIOR et al., 2013).

A fruteira-pão, além de apresentar frutos e sementes comestíveis, apresenta grande potencial madeireiro, no entanto, há poucos estudos sobre suas características (BARBOSA et al., 2011). A literatura relata a possibilidade do uso da casca para a extração de fibras utilizadas na confecção de cordas e esteiras. A madeira é considerada resistente aos insetos, de fácil manejo, podendo ser utilizada para a fabricação de forros, portas, marcenaria, instrumentos musicais e carvão, além de possui látex, que por apresentar alta viscosidade, quando associado à fibra pode ser empregado para calafetar barcos (CALZAVARA, 1987).

Segundo Ragone (1997), a madeira da fruteira-pão é utilizada para a construção de edifícios e barcos, para a extração de fibras para a produção de tecidos.

### **Caracterização Molecular**

Para compreender a diversidade genética é preciso conhecer os elementos básicos sobre a dinâmica e funcionamento de populações, e assim, auxiliar na conservação e uso sustentável das espécies. A conservação dos recursos genéticos depende da manutenção e preservação da variabilidade genética. Os avanços nas técnicas de biologia molecular abriram novas perspectivas para os estudos em bancos de germoplasma, principalmente, na possibilidade de caracterizar as espécies por meio de marcadores moleculares (AGUIAR et al., 2013). A variabilidade genética presente em um grupo de indivíduos é a base fundamental para os programas de melhoramento genético (CARDONA, 2010).

A caracterização de genótipos pode ser realizada com base nas características morfológicas e agronômicas. Devido às dificuldades encontradas nesse tipo de análise, as características são avaliadas de forma subjetiva, podendo sofrer influências ambientais, principalmente quando se estudam cultivares com características muito similares (BIANCHI et al., 2002).

O uso de marcadores moleculares tem sido uma ferramenta de grande importância, pois auxilia nos estudos para a caracterização de germoplasma e para a identificação de populações e raças primitivas (FERREIRA; GRATTAPAGLIA, 1996). Porém, ao utilizar marcadores moleculares, a possibilidade de identificação de genótipos com polimorfismo elevado aumenta consideravelmente em todas as espécies (SANSAVINI, 1998).

Entre os marcadores moleculares disponíveis utilizados para análise genética, os microssatélites ou SSR representam regiões de DNA de sequência repetida, tendo como principais vantagens, possuir carácter co-dominante, apresentar elevado polimorfismo e ser de alta reprodutibilidade, características importantes para análise baseada em marcadores moleculares (SOSINSKI et al., 2000).

Os microssatélites ou SSR são repetições curtas em tandem, de um a cinco nucleotídeos, que ocorrem intercalados (TAUTZ; RENZ, 1984). Os protocolos de amplificação por PCR utilizados para microssatélites empregam pares de primers

não marcados, específicos de locos ou pares de iniciadores. A análise de produtos de PCR não marcados é realizada usando gel de poliacrilamida ou agarose (WENZ et al., 1998).

BIANCHI et al. (2004) avaliaram, por meio da caracterização molecular, oito cultivares de nectarineira e 28 de pessegueiro, com 13 iniciadores de microssatélites (*primers*) e verificaram que os marcadores de microssatélites permitiram separar em grupos distintos as nectarineiras e os pessegueiros, evidenciando uma elevada concordância entre os dados genealógicos das cultivares e os dados gerados pelos microssatélites, confirmando a grande utilidade da técnica para a caracterização genética.

WEILER et al. (2010) caracterizaram uma população de tangerineiras híbridas oriundas do cruzamento das tangerineiras 'Clementina Fina' (*Citrus clementina* Hort. ex Tan.), genitor feminino, e 'Montenegrina' (*Citrus deliciosa* Ten.), genitor masculino, utilizando marcadores do tipo microssatélites (SSRs) e verificaram que os marcadores foram eficientes para identificar híbridos com maior similaridade genética em relação aos genitores, mostrando a existência de variabilidade genética entre as plantas da população estudada.

Segundo Witherup et al. (2013), trabalhos de caracterização molecular com microssatélites estão sendo desenvolvidos e validados para a cultura de *Artocarpus altilis*, como também, sendo transferidos para outras culturas do mesmo gênero.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, R. V.; CANSIAN, R. L.; KUBIAK, G. B.; SLAVIERO, L. B.; TOMAZONI, T. A.; BUDKE, J. C.; MOSSI, A. J. Variabilidade genética de *Eugenia uniflora* L. em remanescentes florestais em diferentes estádios sucessionais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 2, p. 226-233, mar/abr, 2013.

ALAM, M. A.; JURAIMI, A. S.; RAFII, M. Y.; HAMID, A. A.; AROLU, I. W.; LATIF, M. A. Genetic diversity analysis among collected purslane (*Portulaca oleracea* L.) accessions using ISSR markers. **Comptes Rendus Biologies**, v. 338, p.111, 2015.

ANDREW, J. E.; JOHAKIMU, J.; NGEMA, N. E. Ozone bleaching of South African *Eucalyptus grandis* kraft pulps containing high levels of hexenuronic acids. **Tappi jornal**, v. 12, n. 8, p. 9-16, 2013.

BARBOSA, H. R.; ASCHERI, D. P. R.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P.; Permeabilidade, estabilidade e funcionalidade de filmes biodegradáveis de amido do caroço de jaca (*Artocarpus heterophyllus*). **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v. 2, n.1, p.73–88, 2011.

BARROSO, G. M.; PEIXOTO, A. L.; ICHASO, C. L. F.; GUIMARÃES, E. F.; COSTA, C. G. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2002. 309 p.

BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; SANTOS, C. V. T. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*, **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 665-674,out.-dez., 2010.

BEI, Y.; CHEN, W.; SUN, B.; LI, J.; LAI, J., MENG, S. Population structure of the endangered Hume's pheasant (*Syrmaticushumiae*) inferred from a partial sequence of the mitochondrial DNA control region. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 57, p. 69-77, 2014.

BENNETT, F. D.; NOZZOLILLO, C. How many seeds in a seeded breadfruit, *Artocarpus altilis* (Moraceae). **Economic Botany**, Washington, DC, v. 41, n. 3, p. 370-374, 1987.

BEZERRA, E. dos A.; FEITOZA, J. V. F.; CAVALCANTI, M. T. Biometria e características físico-químicas da fruta-pão (*Artocarpus altilis*). **Revista Verde**, Pombal – PB, v. 12, n.1, p.100-104, jan.-mar, 2017.

BIANCHI, V. J.; VENTURI, S.; FACHINELLO, J. C.; TARTARINI, S.; SANSAVINI, S. I marcatori AFLP e SSR, rivolutivi nella identificazione genetica delle varietà di susino. **Rivista di Frutticoltura**, Bologna, n.4, p.83-87, 2002.

BIANCHI, J. V.; FACHINELLO, J. C.; SCHUCH, M. W.; SANSAVINI, S. Caracterização molecular de cultivares de pessegueiro e nectarineira com microssatélites. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 26, n. 3, p. 490-493, dezembro, 2004.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.

CALZAVARA, G. B. B. **Fruticultura tropical: a fruta-pão (*Artocarpus altilis* (Park.) Fôsborg)**. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1987. 24p.

CARDONA, J. O. Análisis de diversidad genética de las razas colombianas de maíz a partir de datos Roberts et al., (1957) usando la estratégia WardWLM. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 2, n.1, p. 199-207, 2010.

CARREIRA, M. R.; SEGUNDINHO, P. G. A.; DIAS, A. A. Determination of the e/g ratio of wood logs using transverse vibration. **Wood Research**, v.57, p.207-220, 2012.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas Comestíveis da Amazônia**. Belém, INPA, 1979. 166p.

CHAGAS, S. F.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. de C.; CARVALHO, A. M. M. L. Propriedades da madeira de teca de diferentes idades e oriundas de desbaste. **Revista Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 5, n. 2, p. 138-150, 2014.

DIAS JÚNIOR, A. F.; SANTOS, P. V. dos; PACE, J. H. C.; CARVALHO, A. M. de; LATORRACA, J. V. F. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais para uso em movelaria. **Revista Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 04, n. 01, p. 93-107, Maio, 2013.

DELUCIS, R. A.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; CADEMARTORI, P. H. G.; WEINERT, L. C.; VEGA, R. A. Segregação e variação radial de propriedades físicas da madeira juvenil e adulta de cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo). **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 100, p. 549-556, 2013.

FALCÃO, M. de A.; CLEMENT, C. R.; GOMES, J. B. M.; CHÁVEZ FLORES, V. B.; SANTIAGO, F. F.; FREITAS, V. P. Fenologia e produtividade da fruta-pão (*Artocarpus altilis*) e da jaca (*A. heterophyllus*) na Amazônia Central. **ACTA AMAZONICA**, v. 31, n. 2, p. 179-191, 2001.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. **Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura**. Tratado Internacional. UN TRATADO MUNDIAL PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y LA AGRICULTURA SOSTENIBLE. 2009. 68p. Disponível em: <[http://www.fao.org/pgafa-gpa\\_archive/hnd/files/Tratado\\_internacional\\_sobre\\_los\\_recursos\\_fitogeneticos\\_para\\_la\\_alimentacion\\_y\\_la\\_agricultura.pdf](http://www.fao.org/pgafa-gpa_archive/hnd/files/Tratado_internacional_sobre_los_recursos_fitogeneticos_para_la_alimentacion_y_la_agricultura.pdf)>. Acesso em: 22. Jan. 2018.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. Brasília: Embrapa CENARGEN, 1996. 220 p.

GIUSTINA, L. D.; ROSSI, A. A. B.; VIEIRA, F. S.; TARDIN, F. D.; NEVES, L. G.; PEREIRA, T. N. S. Variabilidade genética em genótipos de teca (*Tectona grandis* Linn. F.) baseada em marcadores moleculares ISSR e caracteres morfológicos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1311-1324, out.-dez., 2017.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; LUCIA, R. M. D.; NAPPO, M. E.; SARTÓRIO, R. C. Densidade básica e variação dimensional de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 33, n. 2, p. 277-288, 2009.

IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; TRIANOSKI, R.; PRATA, J. G.; ROCHA, V. Y.; IWAKIRI, V. T. Estimativa do módulo de elasticidade dinâmico nas diferentes posições do tronco das árvores de *Tectona grandis* utilizando método de ondas acústicas. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 100, p. 523-532, 2013.

JEON, Y. J.; JUNG, S. N.; CHANG, H.; YUN, J.; LEE, C. W.; LEE, J.; CHOI, S.; NASH, O.; HAN, D. C.; KWON, B. M. *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg extracts

and geranyl dihydrocalcone inhibit STAT3 activity in prostate cancer DU145 cells. **Phytotherapy Research**, n. 29, p. 749–756, 2015.

JONES, A. M. P.; KLUN, J. A.; CANTRELL, C. L.; RAGONE, D.; CHAUHAN, K. R.; BROWN, P. N.; MURCH, S. J. Isolation and identification of mosquito (*Aedes aegypti*) biting deterrent fatty acids from male inflorescences of breadfruit (*Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n. 60, p. 3867–3873, 2012.

JUIZO, C. G. F.; LOIOLA, P. L.; ZEN, L. R.; MARCHESAN, R.; CARVALHO, D. E.; BILA, N. F.; EGAS, A. F.; ROCHA, M. P. da; KLITZKE, R. J. Variação radial das propriedades físicas da madeira de *Pinus patula* plantados em Moçambique. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 83, p. 285-292, jul./set. 2015.

LATORRACA, J. V. F.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 279-291, 2000.

MALAN, F. S. *Eucalypts* improvement for lumber production. In: **SEMINÁRIO INTERNACIONAL E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA**, São Paulo, 1995. Anais... Piracicaba: IPEF; IPT; I UFRO; ESALQ, 1995. p.1-19.

MANFREDI, M.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, J. C. Melhoramento das propriedades de papéis reciclados através da ultrassonificação das fibras e adição de xilanas. **Revista Árvore**, v. 36, n. 4, p.777-785, 2012.

MANFREDI, M.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, J. C.; REYES, R. I. Q. Ultrasonic treatment of secondary fibers to improve paper properties. **Nordic Pulp & Paper Research Journal**, v. 28, p. 297-301, 2013.

MANICA, Ivo. **Frutas nativas, silvestres e exóticas. 2: técnicas de produção e mercado: feijoa, figo-da-índia, fruta-pão, jaca, lichia, mangaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2002. 541 p.

MARIE-MAGDELEINE, C.; MAHIEU, M.; LASTEL, M. L.; ARCHIMEDE, H. In vitro evaluation of the nematicidal value of *Artocarpus altilis* (Parkinson) var. seminifera and non seminifera and *Terminalia cattapa* L. against *Haemonchus contortus*. **Advances in Animal Biosciences**, n. 2, v.1, p.440-441, 2010.

MARQUES, S. dos S. M.; OLIVEIRA, J. T. da S.; PAES, J. B; ALVES, E. S.; SILVA, A. G. da; FIEDLER, N. C. Estudo comparativo da massa específica aparente e retratibilidade da madeira de oau-brasil (*Caesalpinia echinata* LAM.) nativa e de reflorestamento. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.36, n.2, p.373-380, 2012.

MAXWELL, A.; JONES, P.; MURCH, S. J.; WISEMAN, J.; RAGONE, D. Morphological diversity in breadfruit (*Artocarpus*, Moraceae): insights into domestication, conservation, and cultivar identification. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 60, p.175-192, 2013.

McCOY, M. D.; GRAVES, M. W.; MURAKAMI, G. Origins of Hawaiian breadfruit. **Economic Botany**, v. 64, n. 4, p. 374–381, 2010.

MENDES FERRÃO, J. E. **Fruticultura tropical**: espécies com frutos comestíveis. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical. 1999. p. 163-169.

MOREIRA, D. K. T.; CARVALHO, A. V.; VASCONCELOS, M. A. M. de. Aproveitamento tecnológico da farinha de fruta-pão. **Comunicado Técnico 187**, Belém, PA, Dez, 2006. 5 p.

MORTON, J. Breadfruit. In: MORTON, J. F. **Fruits of warm climates**. Flórida, 1987. p. 50-58.

MURCH, S. J.; RAGONE, D.; SHI, W. L.; ALAN, A. R.; SAXENA, P. K. In vitro conservation and sustained production of breadfruit (*Artocarpus altilis*, Moraceae): modern technologies for a traditional tropical crop. **Naturwissenschaften**, v. 95, p.99–107, 2008.

OLIVEIRA, J. T. S. Propriedades físicas e mecânicas da madeira. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora Ltda, 2007, p. 129-163.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 2.ed. New York: McGraw Hill, v.1, 1964. 643 p.

PARROTTA, J. A. **Artocarpus altilis** (S. Park.) Fosb. Breadfruit. Breadnut. Moraceae. Mulberry family. New Orleans, LA: USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 1994. 6 p.

PEDRAZZI, C.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C.; WILLE, V. K. D. Avaliação morfológica das fibras de polpas Kraft de Eucalipto com diferentes conteúdos de Xilanas. **Scientia Forestalis**, v. 41, n.100, p. 515-522, 2013.

PRANCE, G. T.; SILVA, M. F. **Árvores de Manaus**. Manaus, INPA, 1975. 306 p.

PEREIRA, V. J.; KAPLAN, M. A. C. *Artocarpus*: Um gênero exótico de Grande Bioatividade. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 1, p. 1-15, 2013.

PEREIRA, S. C. L.; MONTEIRO, M. R. P.; HENRIQUES, G. S.; PAVESI, M. M.; AMORIM, F. N. Análise do efeito prebiótico da farinha de fruta-pão (*Artocarpus incisa*) sobre a microbiota intestinal de ratos Wistar. **Medicinal Research Reviews**, v.12, n.1, p.22-30, 2010.

PIO CORRÊA, M. **Dicionários de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, v. 1, p. 340-345, 1926.

QUIJANO, J.; ARANGO, G. J. The breadfruit from Colombia: a detailed chemical analysis. **Economic Botany**, Washington, DC, v. 33, n. 2, p. 199-202, 1979.

RAGONE, D. **Breadfruit. *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg**. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 10. Rome, Italy: International Plant Genetic Resources Institute. 1997. 77 p.

RAGONE, D. **Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Breadfruit (*Artocarpus altilis*)**. Permanent Agriculture Resources (PAR), Holualoa, Hawaii, USA, 2011. 20 p.

RIASARI, H.; ULFAH, M.; PRAYUGO, D.; KOMARIAH, N. A. Antibacterial and antifungal activities of various bread fruit leaves (*Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg). **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v. 8, n. 3, p.1066-1073, 2017.

SACRAMENTO, C. K. do; LEITE, J. B. V.; CARVALHO, J. E. U. de; NASCIMENTO, W. M. O. do. Fruta-pão. Capítulo 9. P. 185-200. In: SANTOS-SEREJO, J. A. dos; DANTAS, J. L. L.; SAMPAIO, C. V.; COELHO, Y. da S. **Fruticultura Tropical: espécies regionais e exóticas**. 1ª edição. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 509 p.

SANSAVINI, S. Biotecnologie frutticole: le nuove frontiere delle ricerche per il miglioramento genetico e la propagazione delle piante da frutto. **Frutticoltura**, Bologna, n. 5, p. 75-81, 1998.

SANTANA, A. R. da S.; DANTAS, A. C. V. L.; CARVALHO, P. C. L. de.; SANTOS, K. de. S. Enxertia de fruteira-pão em função da idade do porta - enxerto. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 36, n. 4, p. 996-1001, Dezembro, 2014.

SILVA, S.; TASSARA, H. **FRUTAS BRASIL frutas**. São Paulo: Empresa das Artes, 2005. 321 p.

SILVA, J. C.; FILHO, M. T.; OLIVEIRA, J. T. S.; CASTRO, V. R. Influência da idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 31, n. 6, p.1081-1090, 2007.

SIMON, M.; BROSTAU, Y.; VANDERGHEM, C.; JOUREZ, B.; PAQUOT, M.; RICHEL, A. Optimization of a formic/acetic acid delignification treatment on beech wood and its influence on the structural characteristics of the extracted lignins. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 89, n.1, p.128-136, 2014.

SOARES, E. F.; SILVA, A. C. da; QUEIROZ, A. E. S. de F.; GOMES, J. E. G.; HERCULANO, P. N.; MOREIRA, K. A. Potencial do látex da fruta pão (*Artocarpus altilis*) como agente coagulante do leite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n.1, p. 149-154, jan., 2015.

SOSINSKI, B.; GANNAVAPU, M.; HAGER, L. D. Characterization of microsatellite markers in peach [*Prunus persica* (L.) Batsch]. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, n.101, p. 421-428, 2000.

SOUSA, R. C.; GIOVANINI, E. P.; LIMA, I. L.; FLORSHEIM, S. M.; B.; GARCIA, J. N. Efeito da idade e da posição radial na densidade básica e dimensões dos traqueídeos da madeira de *Pinus taeda* L. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 119-127, 2007.

TAUTZ, D.; RENZ, M. Simple sequences are ubiquitous repetitive components of eukaryotic genomes. **Nucleic Acids Research**, v.12, n.10, p. 4127–4138,1984.

TEELUCK, J. M.; KAUDEER, B. F.; RAMFUL, M.; BOODHRAM, I.; SANMUKHIYA, M. R.; SOULANGE, J. G. Genetic fidelity of in vitro propagated breadfruit (*Artocarpus altilis*) using inter simple sequence repeat markers. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 18, n. 5, p. 912-916, 2016.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Revista Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 94-11, 1996.

VALENTE, B. M. R. T.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; DELLA LUCIA, R. M. Variabilidade radial e longitudinal das propriedades físicas e anatômicas da madeira de angico vermelho. **Scientia Forestalis**, v.41, n.100, p.485-496, 2013.

VIDAL, J, M.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. de C.; JANKOWSKY, I. P. Preservação de Madeiras no Brasil: Histórico, Cenário Atual e Tendências. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 257-271, jan.-mar., 2015.

WANG, Y.; XU, K.; LIN, L.; PAN, Y.; ZHENG, X. Geranyl flavonoids from the leaves of *Artocarpus altilis*. **Phytochemistry**, v. 68, n. 9, p.1300-1306, Mar., 2007.

WEILER, R. L.; BRUGNARA, E. C.; SCHWARZ, S. F.; BASTIANEL, M; MACHADO, M. A.; SCHIFINO-WITTMANN, M. T. Caracterização molecular de uma progênie de tangerineira 'Clementina Fina' e 'Montenegrina'. **Ciência Rural**, v. 40, n. 7, jul, 2010.

WENZ, H.M.; ROBERTSON, J. M.; MENCHEN. S.; OAKS, F.; DEMOREST, D. M.; SCHEIBLER, D.; ROSENBLUM, B.B.; WIKE, C.; GILBERT, D.A.; EFCAVITCH, J. W. High-precision genotyping by denaturing capillary electrophoresis. **Genome Research**, v. 3, p. 69–80, 1998.

WITHERUP, C.; RAGONE, D.; WIESNER-HANKS, T.; IRISH, B.; SCHEFFLER, B.; SIMPSON, S.; ZEE, F.; ZUBERI, M.I.; ZEREGA, N.J.C. Development of microsatellite loci in *Artocarpus altilis* (Moraceae) and cross-amplification in congeneric species. **Applications in Plant Sciences**, v.1, n. 7, 2013.

ZANUNCIO, A. J. V.; CARVALHO, A. G.; DAMÁSIO, R. A. P.; OLIVEIRA, R. C. de; COLODETTE, J. L. Avaliação das propriedades físicas, mecânicas e ópticas da polpa celulósica durante refino. **Ciência da Madeira** (Brazilian Journal of Wood Science), v. 7, n. 2, p. 81-87, 2016.

## CAPÍTULO 1

### **CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E FÍSICAS DA MADEIRA DE *Artocarpus altilis* variedade *seminifera***

## CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E FÍSICAS DA MADEIRA DE *Artocarpus altilis* variedade *seminifera*

**RESUMO:** A espécie *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg é popularmente conhecida como fruteira-pão. É uma planta exótica que apresenta grande potencial no setor madeireiro. Devido à importância da espécie, o objetivo do trabalho foi caracterizar a madeira de *Artocarpus altilis* var. *seminifera* para subsidiar ações que visem o conhecimento do uso e do potencial da cultura. Para a caracterização anatômica e física da madeira foram utilizadas três árvores de fruteira-pão (*Artocarpus altilis* var. *seminifera*) da coleção de fruteira-pão instalada na Fazenda Experimental do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em Cruz das Almas, Bahia, Brasil. As características anatômicas avaliadas foram o comprimento, largura, espessura da parede, diâmetro do lúmen das fibras, diâmetro e frequência de vasos. Foram determinados os índices de qualidade das fibras para a produção de papel. As características físicas determinadas foram volume, densidade básica da madeira e da casca, as contrações tangenciais e radiais, o coeficiente de anisotropia e a densidade básica das amostras da madeira. Os resultados anatômicos demonstraram que as fibras da madeira de fruteira-pão variedade *seminifera* são curtas, com largura e espessura maiores no sentido medula-casca. Os vasos apresentaram maiores diâmetros, são numerosos e decrescem no sentido externo, intermediário e central. Com relação à caracterização física, os volumes determinados demonstram que os valores médios foram baixos, inferindo que as árvores no campo são de pequeno porte apresentando maior proporção de lenho juvenil. As densidades básicas da madeira e da casca foram baixas com 0,270 g/cm<sup>3</sup> e 0,187 g/cm<sup>3</sup>. Os valores médios das contrações tangenciais e radiais foram altos, o que determinou um elevado coeficiente de anisotropia (3,9). A madeira das plantas avaliadas pode ser considerada leve, indicada a fabricação de laminados, compensados e caixotaria. Contudo, sugere-se que este estudo seja repetido em árvores com lenho tardio, para avaliar o efeito das características da madeira com intuito de obter um melhor direcionamento do uso e potencial da espécie.

**Palavras-chave:** Caracterização; Fruteira-pão; Propriedades da madeira.

## ANATOMICAL AND PHYSICAL CHARACTERISTICS OF *Artocarpus altilis* variety *seminifera*

**ABSTRAT:** The species *Artocarpus altilis* (Parkinson) Forsberg is popularly known as the breadfruit. It is an exotic plant with great potential for timber industry. Due to the importance of the species, the objective of the work was to characterize the wood of *Artocarpus altilis* var. *seminifera* to subsidize actions aimed at increasing the knowledge of the use and potential of the culture. For wood anatomical and physical characterization we used three breadfruit trees (*Artocarpus altilis* var. *seminifera*) from the collection - installed at the Experimental Farm of Agricultural, Environmental and Biological Sciences Center at Bahia Reconcavo Federal University in Cruz das Almas, Bahia, Brazil. The anatomical characteristics evaluated were the length, width, wall thickness, fiber lumen diameter, vessel diameter and frequency. The fiber quality for paper production index was determined. The physical characteristics determined were volume, wood and bark basic density, tangential and radial contractions, anisotropy coefficient and basic density of wood samples. The anatomical results showed that the fibers of the breadfruit wood of the *seminifera* variety are short, with a greater width and thickness in the medulla-bark direction. The vessels presented larger diameters, are numerous and decrease in the external, intermediate and central directions. Regarding the physical characterization, the determined volumes show that the average values were low, inferring that trees in the field are small, and presenting a greater proportion of juvenile wood. The basic wood and bark densities were low with 0.270 g/cm<sup>3</sup> and 0.187 g/cm<sup>3</sup>. The mean values of the tangential and radial contractions were high, which determined the high anisotropy coefficient (3.9). The wood of the evaluated plants can be considered light, indicated the manufacture of laminates, plywood and box. However, it is suggested that this study is repeated with latewood trees to assess the effect of the wood characteristics with the aim of obtaining better use and direction of the potential of the species.

**Key words:** Characterization; Breadfruit; Wood Properties.

## INTRODUÇÃO

O gênero *Artocarpus*, pertencente à família Moraceae, está distribuído em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo, com 50 espécies aproximadamente. Para algumas espécies desse gênero, os frutos são utilizados na alimentação humana, para outras, podem ser utilizados no preparo de medicamentos para o tratamento de várias doenças e a madeira, por ser considerada boa com durabilidade (SHAMAUN et al., 2010).

Como componente principal de tradicionais sistemas agroflorestais da Oceania, as árvores de fruta pão podem fornecer alimento, remédios, adesivos e madeira (MORTON, 1987; ZEREGA et al., 2004).

Segundo Pereira e Kaplan (2013), apesar da espécie ser cultivada nas regiões tropicais do mundo, para as culturas do gênero *Artocarpus*, os trabalhos encontrados na literatura referem-se aos seus frutos (BARBOSA et al., 2011). Poucos são os trabalhos relacionados ao estudo e caracterização da madeira de fruteira-pão, principalmente da variedade seminífera.

Para Calzavara (1987), a madeira apresenta grande potencial madeireiro, com a possibilidade do uso da casca para a extração de fibras para a confecção de cordas e esteiras. Da maceração da casca dos ramos novos ou do caule de plantas jovens da fruta-pão pode-se extrair fibras, que são utilizadas na fabricação de cordas e esteiras (DEIVANAI; SUBHASH, 2010).

Considerada resistente aos insetos, a madeira dessa espécie é de fácil manejo, sendo utilizada para a fabricação de forros, portas, marcenaria, instrumentos musicais e carvão, o látex presente na madeira dispõe de alta viscosidade e quando associado à fibra, empregado para calafetar barcos (CALZAVARA, 1987).

Segundo Morton (1987), a madeira da fruteira-pão variedade seminífera apresenta baixa resistência, de modo que possui pouca serventia na construção, entretanto, McCoy et al. (2010) citaram que a madeira da fruteira-pão pode ser utilizada para construção de casas, tambores, canoas e pranchas de surf.

O estudo sobre as características físicas e anatômicas da madeira é de extrema importância, pois estas são informações que possibilitam determinar as propriedades tecnológicas da madeira, a fim de utilizar o material com

economicidade e segurança (OLIVEIRA, 2007), além de oferecer subsídios para a correta e a adequada utilidade da madeira (VALENTE et al., 2013).

A madeira é um material que apresenta características específicas e diferenças são encontradas entre porções de uma mesma árvore, que são verificadas em função de sua idade, condições climáticas dos plantios, porcentagem de lenho juvenil e adulto, massa específica, ângulo de grã, a presença de lenho de reação entre outros fatores (FONTE et al., 2017).

Das propriedades da madeira, a mais utilizada é a densidade básica, que além de ser mais fácil de ser determinada, correlaciona-se diretamente com outras propriedades físicas (BATISTA et al., 2010). Segundo Chagas et al. (2014), os estudos anatômicos da madeira, além de auxiliar na identificação de espécies, possibilitam informações sobre as propriedades da madeira, sua estrutura, resistência e trabalhabilidade.

O objetivo do presente trabalho foi caracterizar a madeira de *Artocarpus altilis* var. *seminífera* para subsidiar ações que visem o conhecimento de usos mais adequados e do potencial madeireiro da espécie.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Material Vegetal**

Para a avaliação das características da madeira de fruteira-pão (*Artocarpus altilis* var. *seminífera*), foram utilizadas árvores, com seis anos de idade, da coleção de fruteira-pão instalada na Fazenda Experimental do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em Cruz das Almas, Bahia, Brasil.

### **Coleta**

Inicialmente, foram mensurados o diâmetro à altura do solo (20 cm) e a altura de todas as plantas. A partir dos valores do diâmetro, foi obtido o diâmetro médio representativo para a escolha das três árvores a serem derrubadas. Para cada árvore derrubada, foi determinada a altura total e realizada a cubagem rigorosa (Figura 1). No tronco central, foram retirados dois discos de 2,5 cm de espessura a

0% (base), 25%, 50%, 75% e 100 % da altura comercial determinada. Foram avaliados partes das árvores com no mínimo 5 cm de diâmetro. O volume dos galhos de cada planta foi determinado pelo comprimento total e diâmetros obtidos na base, no centro e no ápice nos galhos de cada planta. Essas medidas foram obtidas com auxílio de uma trena (5 m) e fita métrica (1,50 m).

Os discos retirados foram identificados, colocados em sacos plásticos e levados para o laboratório de Tecnologia de Madeiras da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.



Fonte: Ana Dantas; Poliana Silva, 2016.

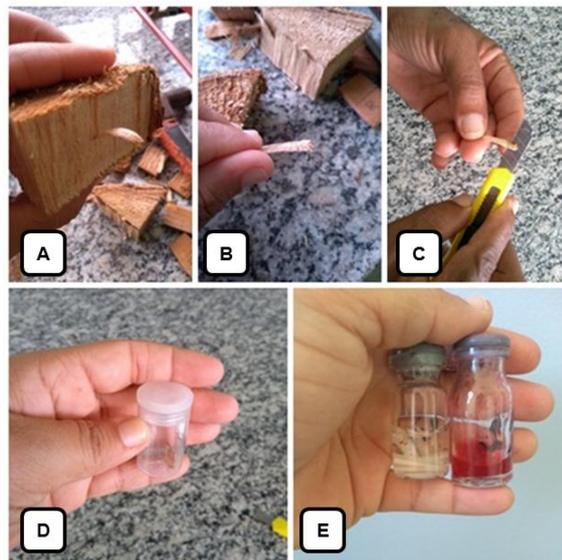
**Figura 1.** Coleta das amostras. A e B. Medição do diâmetro a 0,20 cm do solo; C. Medição do comprimento dos galhos; D. Medição do diâmetro dos galhos.

No laboratório, para cada planta foi calculado o percentual de casca. Para isso, mediu-se o diâmetro de cada disco com a casca e sem casca, utilizando-se uma fita métrica. Um dos discos retirado da base (0%) foi utilizado para determinar a contrações tangencias e radiais e a análise anatômica da madeira da fruteira-pão var. seminífera. Outro disco foi utilizado para a determinação da densidade básica por meio de cunhas opostas.

Para a caracterização das propriedades anatômicas foram determinadas: o comprimento, largura e espessura da parede das fibras e o diâmetro e a frequência de vasos.

As análises da anatomia da madeira tiveram como referência, as normas da International Association of Wood Anatomists – IAWA COMMITTEE (1989). Inicialmente foram retiradas pequenas amostras do disco da base (parte externa (próximo à casca), central e interna (próximo à medula) de cada disco e preparadas para a maceração (Figura 2). Para fazer a maceração, as amostras da madeira

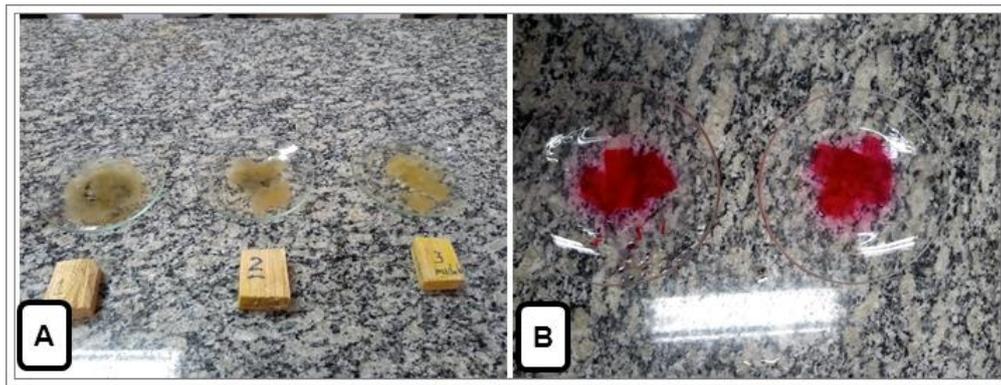
foram colocadas em recipientes de vidro adicionando-se uma solução com peróxido de hidrogênio e ácido acético glacial, na proporção 1:1 e levadas para estufa a uma temperatura de 65° C, permanecendo por aproximadamente 24 horas. Após esse período foram retiradas e lavadas em água corrente, montou-se lâminas provisórias em glicerina, utilizando safranina para a coloração e que com auxílio de um microscópio óptico OLYMPUS CX21 as fibras individualizadas foram medidas, tomando-se 30 leituras para cada amostra. O comprimento das fibras foi visualizado no aumento 40X, o diâmetro e a espessura das fibras foram vistos no aumento 400X. As leituras foram corrigidas utilizando-se de uma lâmina micrométrica.



Fonte: Poliana Silva, 2016.

**Figura 2.** Caracterização anatômica das fibras da madeira de *Artocarpus altilis* var. *seminífera*. A. Retirada da amostra no disco; B. Amostra da madeira; C. Cortes da amostra; D. Amostra colocada no recipiente plástico e E. Amostras utilizadas para determinar as dimensões das fibras.

Para a obtenção de cortes anatômicos transversais, visando determinar o diâmetro e a frequência de vasos foram retirados do disco da base cubos de madeira de 1 cm<sup>2</sup> de seção transversal (Figura 3) com o auxílio de um micrótomo LEICA SM 2000R de deslizamento. Os cortes realizados foram desidratados e montadas lâminas permanentes para as medições. As imagens dos cortes foram realizadas com câmera digital OLYMPUS E330-ADU1.2X.



Fonte: Poliana Silva, 2018.

**Figura 3.** Cortes anatômicos transversais da madeira de *Artocarpus altilis* var. *seminífera*. A. Cortes anatômicos das partes: Externa (1), Intermediária (2) e Central (3); B. Cortes corados com safranina.

Para a caracterização das propriedades físicas foram determinados o volume total, com e sem casca, a densidade básica da madeira e da casca (Figura 4), contrações tangenciais e radiais, coeficiente de anisotropia e densidade básica das amostras.

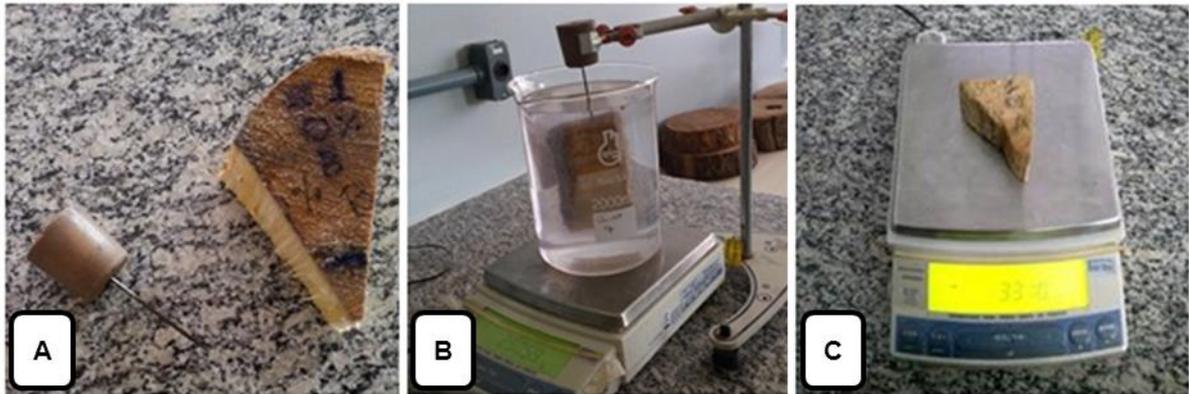


Fonte: Poliana Silva, 2016.

**Figura 4.** Amostras da madeira de *Artocarpus altilis* var *seminífera*. A. Discos com casca; B. Remoção das cascas; C. Cascas colocadas no saco e D. Disco e a casca da madeira.

A determinação da densidade básica da madeira, da casca e das amostras segundo a NBR 11941 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2003), foi realizada através da determinação do volume das amostras através de pesagem da água deslocada (balança analítica 0,01 g de precisão) e o peso seco após secagem em estufa a 105 ° C, até atingir peso constante (Figura 5).

Os volumes foram determinados nos discos inteiros, com exceção do disco da base, que por ser maior, utilizaram-se cunhas opostas (Figura 5). As amostras foram saturadas e depois imersas em um becker com água, sem encostar a amostra no fundo e nas laterais do Becker. Dessa forma, o valor registrado na balança equivale ao volume de água deslocada, pelo fato da densidade da água ser igual a 1,0.

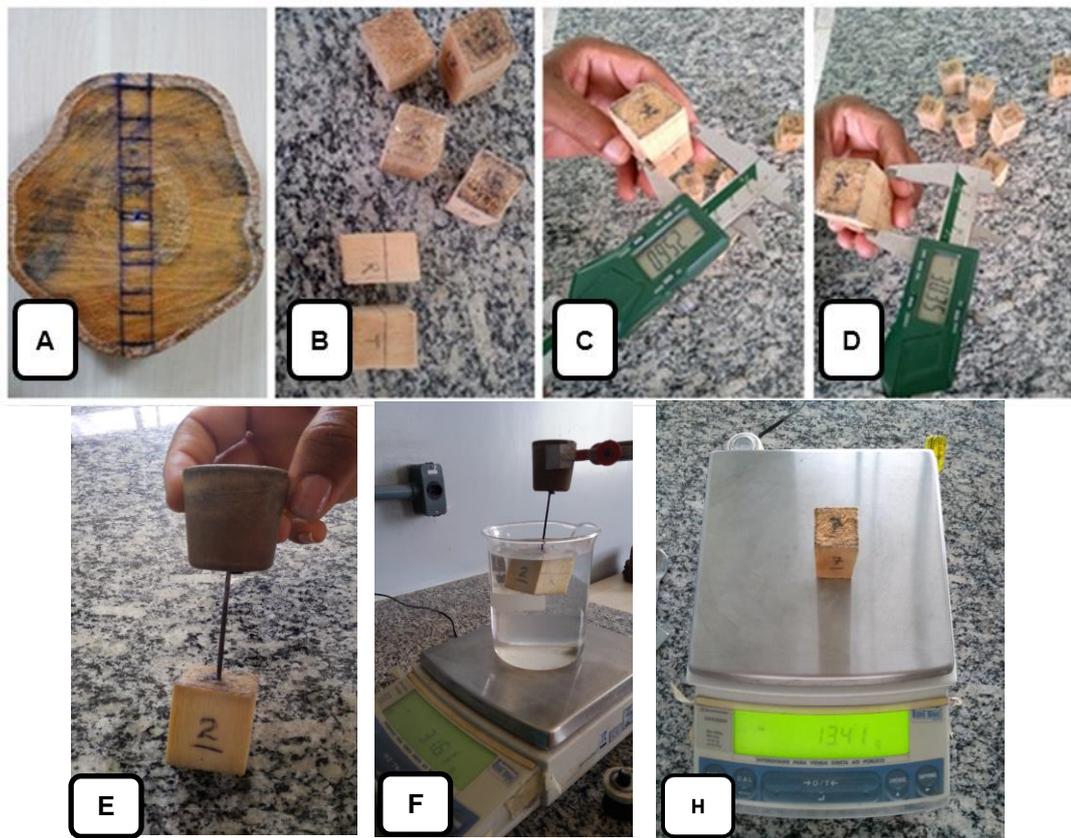


Fonte: Poliana Silva, 2016.

**Figura 5.** Densidade básica da madeira de *Artocarpus altilis* var. *seminífera*. A. Cunha; B. Volume verde da amostra e C. Peso seco da amostra.

As contrações lineares tangenciais e radiais foram determinadas a partir de amostras de 2,5 x 2,5 cm, retiradas da parte externa (próximo à casca), intermediária e central (próximo à medula) (Figura 6). Essas amostras foram medidas com o auxílio de um paquímetro digital, nos planos tangenciais e radiais, quando estavam acima do ponto de saturação das fibras e totalmente secas.

As contrações lineares foram determinadas pela variação das dimensões tomadas nos planos radiais e tangenciais, em porcentagem. Determinadas as contrações tangenciais e radiais das amostras, obteve-se o coeficiente de anisotropia, que é definido pela relação entre a contração tangencial e radial das amostras. A densidade básica dessas amostras também foi determinada para verificar a variação radial dessa propriedade.



Fonte: Poliana Silva, 2016.

**Figura 6.** Contrações radiais e tangenciais e densidade básica das amostras da madeira de *Artocarpus altilis* var. *seminífera*. A. Disco da base; B. Amostras do disco; C. Medição da contração tangencial; D. Medição da contração radial; E. Amostra da madeira; F. Volume verde da amostra e G. Peso seco da amostra.

### Análise dos dados

Para determinar as propriedades anatômicas da madeira de *Artocarpus altilis* var. *seminífera* os dados foram analisados por meio da estatística descritiva e por imagens.

Na mensuração das fibras, foram obtidas informações relativas ao seu comprimento (C) em mm, largura (L), espessura da parede (EP) e diâmetro do lúmen (DL) em  $\mu\text{m}$ . As medições foram realizadas no microscópio óptico, sendo que o comprimento da fibra foi medido no foco 40x e a largura e espessura da parede, no foco de 400 x. O diâmetro do lúmen foi calculado pela seguinte equação:

$$DL = L - (2EP)$$

Com os valores das dimensões das fibras, em que: C = comprimento da fibra; L = largura da fibra ou diâmetro da fibra; E = espessura da parede da fibra e d = diâmetro do lúmen da fibra. Foram calculadas as relações com as seguintes equações:

Índice de Enfeltramento (IE): este índice indica o quanto à fibra é afilada. É dado pela relação entre o comprimento (C) e o diâmetro da fibra (L) (FOELKEL, 1978).

$$IE = C/L$$

Coeficiente de Flexibilidade (CF): este índice indica a capacidade da fibra em fazer ligações entre elas. É dado pela relação entre diâmetro do lume (DL) e o diâmetro da fibra (L) (FOELKEL, 1978).

$$CF = DL/L \times 100$$

Fração Parede (FP): este índice de qualidade associa a facilidade de colapso e flexibilidade para ligação das fibras (FOELKEL, 1978). Sendo E = espessura da parede e L = diâmetro da fibra, a fração parede é expressa pela seguinte relação:

$$FP = 2 \times E/L \times 100$$

Índice de Runkel (IR): este índice indica o quanto à fibra é flexível, fornecendo uma ideia da capacidade das fibras se unirem, havendo uma relação nas propriedades de resistência ao arrebentamento e tração das folhas de papel. É dado pela expressão:

$$IR = 2 \times E/ DL$$

Onde, E = espessura da parede da fibra e DL = diâmetro do lúmen (FOELKEL, 1978).

As imagens das lâminas dos vasos e das amostras nos planos transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial foram mensuradas, obtendo a frequência (mm) e o diâmetro dos vasos ( $\mu\text{m}$ ).

Para determinar as propriedades físicas da madeira da fruteira-pão var. seminífera, calculou-se o volume, a densidade básica da madeira e da casca, as contrações tangenciais e radiais, densidade básica das amostras das contrações e coeficiente de anisotropia.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Propriedades Anatômicas

Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios das variáveis anatômicas: comprimento, largura, espessura da parede e diâmetro do lúmen das fibras.

**Tabela 1.** Valores médios do comprimento, largura, espessura da parede e diâmetro do lúmen das fibras nas posições interna, central e externa da madeira das árvores de *Artocarpus altilis* variedade *seminífera*.

Árvore	CP (mm)			L (µm)			EP (µm)			DL (µm)		
	I	C	E	I	C	E	I	C	E	I	C	E
1	0,96	1,15	1,1	26,13	23,17	23,71	4,58	4,71	3,29	17,0	13,8	17,1
2	0,97	0,98	1,06	25,33	23,25	21,21	3,79	3,88	3,58	17,8	15,5	14,0
3	1,08	1,19	1,13	22,67	21,38	22,42	3,63	3,67	3,38	15,4	14,0	15,7
<b>Média</b>	1,00	1,11	1,10	24,71	22,6	22,44	4,00	4,08	3,42	16,7	14,4	15,6
<b>DP</b>	0,07	0,11	0,04	1,8	1,1	1,3	0,51	0,55	0,15	1,2	0,93	1,55
<b>CV (%)</b>	6,66	10,05	3,19	7,33	4,68	5,57	12,72	13,48	4,34	7,30	6,44	9,95

\*Comprimento (CP); Largura (L); Espessura da Parede (EP); Diâmetro do Lúmen (DL). Posições radiais. Interna (I); Central (C) e Externa (E).

Observou-se que há um aumento do comprimento das fibras no sentido externo, central e interna e uma diminuição da largura e espessura da parede das fibras no mesmo sentido. Para o comprimento das fibras, verifica-se que a posição central apresentou maior valor médio (1,11 mm), quando comparadas às posições interna e externa que apresentaram os valores médios de 1,00 mm e 1,10 mm, respectivamente.

Quanto à largura das fibras, observa-se que a posição interna foi a que apresentou maior valor médio, com 24,71 µm. As posições central e externa apresentaram os respectivos valores médios de 22,60 µm e 22,44 µm. Com relação à espessura da parede das fibras, as posições central, interna e externa apresentaram valores médios de 4,08 µm, 4,00 µm e 3,42 µm, respectivamente. O diâmetro do lúmen apresentou valores médios de 16,7 µm, 15,6 µm e 14,4 µm para as posições interna, externa e central, respectivamente.

Evangelista et al. (2010) avaliaram a caracterização anatômica quantitativa da madeira de um clone de *Eucalyptus camaldulensis*, aos dez anos e de dois clones

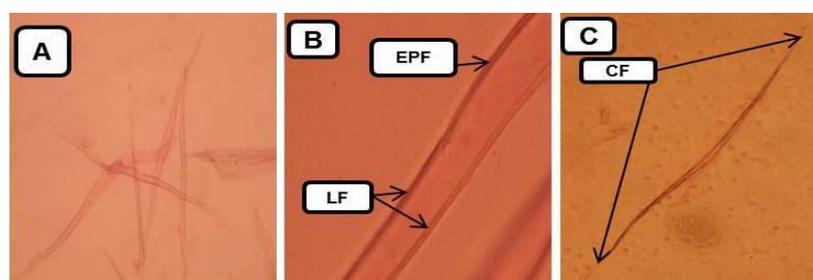
de *Eucalyptus urophylla*, aos seis anos e oito anos, respectivamente e verificaram que os valores médios para comprimento das fibras variaram entre 0,97, 0,95 e 0,92 mm, para largura entre 20,1, 21,3 e 19,3  $\mu\text{m}$ , espessura da parede entre 4,6, 4,3 e 5,3  $\mu\text{m}$  e diâmetro do lúmen 10,8, 12,7 e 8,8  $\mu\text{m}$ .

França et al. (2015) avaliando as características anatômicas das madeiras de duas espécies de mogno africano (*Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*) observaram que as fibras são libriformes e curtas (1,2 mm), largura de 27,1  $\mu\text{m}$  e 20,5  $\mu\text{m}$  diâmetro do lúmen de 18,9  $\mu\text{m}$  e 10,6  $\mu\text{m}$  e espessura de parede de 4,4  $\mu\text{m}$  e 4,9  $\mu\text{m}$ , respectivamente.

Marsoem et al. (2013) avaliaram a proporção e a dimensão das fibras da madeira de árvores de sukun (*Artocarpus communis*) cultivadas na Vila de Karangmojo, Bantul Regency, Yogyakarta e verificaram que a madeira apresentou comprimento de fibra bastante longo, com uma média de 1,65 mm. Os valores médios da largura, do diâmetro do lúmen e da espessura da parede da fibra foram de 42,48  $\mu\text{m}$ , 37,28  $\mu\text{m}$  e 2,60  $\mu\text{m}$ , respectivamente.

Trevisan et al. (2017) avaliaram as dimensões das fibras e a idade de transição entre lenho juvenil e adulto da madeira de *Eucalyptus grandis* e verificaram que os menores valores das dimensões das fibras foram observados próximo à medula (interna), com tendência crescente em direção à casca (externa).

As dimensões das fibras da madeira de *Artocarpus atilis* var. *seminifera* observadas neste estudo, mostram que os valores médios encontrados apresentaram pequenas diferenças ao serem comparadas com as dimensões de outras espécies. As fibras da madeira da fruteira-pão são curtas (Figura 7), largas e com paredes de delgadas.



Fonte: Poliana Silva, 2017.

**Figura 7.** A. Fibras da madeira de *Artocarpus atilis* var. *seminifera* visualizadas na objetiva de 10X; B. Largura (LF); Espessura da parede das fibras (EPF) visualizadas na objetiva de 40X; Comprimento das fibras (CF) visualizadas na objetiva de 10X.

Os valores médios do diâmetro e da frequência do número de vasos presentes em mm<sup>2</sup> podem ser vistos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Valores médios da frequência e do diâmetro dos vasos da madeira das árvores de *Artocarpus altilis* variedade *seminifera*.

	Média			DP	CV (%)		
	E	I	C		E	I	C
<b>Frequência de vasos (nº de vasos mm<sup>2</sup>)</b>	8,4	7,6	6,9	0,75	8,94	9,88	10,88
<b>Diâmetro de vasos (mm)</b>	170	170	140	17,3	10,19	10,19	12,37

Desvio padrão (DP); Coeficiente de variação (CV). Posições radiais. Externa (E); Intermediária (I); Central (C).

Observa-se que a frequência de vasos, assim como o diâmetro, são maiores na região externa (próxima à casca) e menores próximos à região central (medula), com valores médios de 8,4 e 6,9, respectivamente.

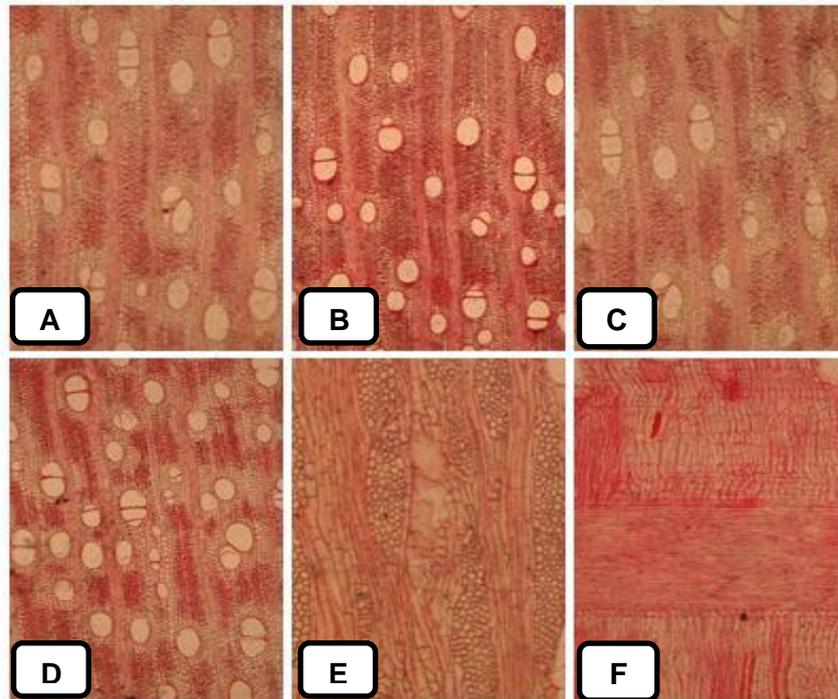
Florsheim et al. (2009) estudaram amostras de árvores de *Eucalyptus dunnii* aos sete anos de idade, nas diferentes classes sociológicas dominante, intermediária e dominada, para verificar as variações dos elementos anatômicos entre as árvores e observaram que os valores do diâmetro dos vasos foram crescentes da medula para a casca com 86,59 µm, 103,60 µm e 123,32 µm, respectivamente. Observou-se, porém, uma tendência inversa para frequência de vasos por mm<sup>2</sup>, apresentando os respectivos valores de 16,68, 11,34 e 9,46 vasos por mm<sup>2</sup> no sentido medula, intermediária e casca.

Pereira et al. (2014) caracterizaram tecnologicamente a madeira de *Coffea arabica* L com intuito de potencializar sua utilização na confecção de móveis e observaram que essa madeira apresenta grande número de vasos, com uma média de 50 poros por mm<sup>2</sup>.

Ao avaliar as características anatômicas da madeira do clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* para produção de celulose, Boschetti et al. (2015) observaram que as médias dos valores obtidos para o diâmetro e frequência dos vasos foram de 111,6 µm e 9 vasos por mm<sup>2</sup>.

Nota-se que, a partir dos cortes anatômicos avaliados, a fruteira-pão var. *seminifera* apresenta valores inferiores da frequência de vasos por mm<sup>2</sup> e o diâmetro, com valores superiores quando comparados com outras espécies comerciais. Na Figura 8 podem ser verificados as frequências e o diâmetro de vasos

presentes na parte externa, intermediária e central das amostras, assim como as secções nos planos transversal, tangencial e radial.



Fonte: Poliana Silva, 2017.

**Figura 8.** Cortes anatômicos da madeira de *Artocarpus altilis* var. *seminifera*. Frequência e diâmetro do vasos visualizados na objetiva de 10X. A. Externa; B. Intermediária; C. Central D. Plano transversal; E. Plano longitudinal tangencial e F. Plano longitudinal radiais visualizadas na objetiva de 10X.

Verifica-se que a frequência de vasos é elevada em todas as posições (central, intermediária e externa). Para o diâmetro dos vasos, observa-se que foram crescentes no sentido medula-casca.

A função dos vasos é conduzir a seiva mineral das raízes até a copa (BELINI et al., 2008), sendo importantes na difusão do vapor de água na madeira. Isso indica que a quantidade de vasos no lenho pode afetar a permeabilidade e influenciar a penetração dos reagentes no cozimento e, conseqüentemente, nos parâmetros de polpação (BOSCHETTI et al., 2015). Na Tabela 3 encontram-se os índices que indicam a qualidade da fibra da madeira da fruteira-pão var. seminifera para a fabricação de papel.

**Tabela 3.** Valores dos Índices de qualidade de fibras para a produção de papel da madeira de *Artocarpus altilis* var. *seminifera*.

Árvore	IE			CF (%)			FP (%)			IR		
	I	C	E	I	C	E	I	C	E	I	C	E
1	0,04	0,05	0,05	65,1	59,6	72,1	35,1	40,7	27,8	0,54	0,68	0,38
2	0,04	0,04	0,05	70,3	66,7	66,0	29,9	33,4	33,8	0,43	0,50	0,51
3	0,05	0,06	0,05	67,9	65,5	70,0	32,0	34,3	30,2	0,47	0,52	0,43
<b>Média</b>	0,04	0,05	0,05	67,8	63,9	69,4	32,3	36,1	30,6	0,48	0,57	0,44
<b>DP</b>	0,006	0,007	0,002	2,6	3,8	3,11	2,6	4,0	3,0	0,06	0,10	0,06
<b>CV (%)</b>	14,42	13,77	4,50	3,85	5,96	4,48	7,98	10,95	9,89	11,87	17,38	14,50

Índice de enfiamento (IE); Coeficiente de flexibilidade (CF); Fração parede (FP); Índice de Runkel (IR). Posições radiais. Interna (I); Central (C); Externa (E).

Verifica-se que o índice de enfiamento (IE) foi o que apresentou menores valores médios, indicando que as fibras são bem afiladas. O coeficiente de flexibilidade (CF) e o índice de Runkel (IR) são os índices de qualidade que determinam a flexibilidade e a capacidade das fibras se ligarem. Para a madeira de fruteira-pão var. *seminifera*, observa-se que as fibras apresentam os maiores valores médios de coeficiente de flexibilidade. As fibras que apresentam índice de Runkel com valores até 2 podem ser indicadas para formação de papel e acima desse valor, a flexibilidade tende a diminuir influenciando nas propriedades do papel (ROCHA; POTIGUARA, 2007).

A fração de parede (FP) é o índice que indica a rigidez da fibra, a facilidade de colapso e a flexibilidade na ligação das fibras. Foelkel (1978) recomenda valores inferiores a 60%, pois quanto menos flexível, o papel terá maior resistência ao arrebatamento. Os valores médios encontrados para as fibras da madeira de fruteira-pão var. *seminifera* estão dentro do recomendado, sendo indicada para a fabricação de papel.

Boschetti et al. (2015) ressaltaram que as fibras influenciam no tipo de papel a ser produzido, reforçando que o estudo das características anatômicas da madeira é importante, pois auxilia na melhor compreensão da qualidade do lenho que é fundamental para a avaliação dos índices de qualidade de fibra utilizados para produção de celulose e papel.

## Propriedades Físicas

Apesar de jovens, com seis anos, as árvores apresentaram boa adaptação ao local. Os volumes total, com casca e sem casca e a porcentagem de casca de cada árvore apresentados na Tabela 4, revelam que os valores médios dos volumes foram baixos. Com isso, infere-se que árvores de fruteira-pão variedade seminífera presentes no campo são de porte pequeno.

**Tabela 4.** Volumes total, com casca e sem casca e a porcentagem de casca das árvores de *Artocarpus altilis* var. *seminífera* amostradas.

Árvore	Volume total (m <sup>3</sup> )	Volume de casca (m <sup>3</sup> )	Volume sem casca (m <sup>3</sup> )	% de casca
1	0,159	0,026	0,134	16,2
2	0,13	0,024	0,106	18,5
3	0,168	0,024	0,144	14,1
<b>Média</b>	0,152	0,025	0,128	16,3
<b>DP</b>	0,0199	0,0012	0,0197	2,2
<b>CV (%)</b>	13,04	4,68	15,39	13,53

A Tabela 5 representa a densidade básica da madeira e da casca das três árvores amostradas.

A densidade básica é utilizada para indicar o teor de matéria seca que determinado volume de madeira possui (BETINI; GALATTI, 1995). Segundo Olivetti Neto (2002), a densidade básica é indicada como índice universal, que além de expressar a qualidade da madeira, é uma propriedade fácil de ser determinada, que influencia na qualidade do produto e que expressa relações com as propriedades anatômicas e físicas da madeira (FOELKEL et al., 1990).

**Tabela 5.** Valores médios da densidade básica (DB) da madeira e da casca das árvores de *Artocarpus altilis* var. *seminífera*.

DB madeira (g/cm <sup>3</sup> )				
Altura do tronco	Árvore 1	Árvore 2	Árvore3	Média
0	0,319	0,354	0,309	0,327
25	0,321	0,352	0,308	0,327
50	0,242	0,294	0,279	0,272
75	0,238	0,279	0,207	0,241
100	0,18	0,199	0,172	0,184
<b>Média da árvore</b>	0,26	0,295	0,255	0,270
<b>DP</b>	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>CV%</b>	23,08	21,57	24,41	22,54
DB casca (g/cm <sup>3</sup> )				
Altura do tronco	Árvore 1	Árvore 2	Árvore 3	Média
0	0,187	0,193	0,178	0,186
25	0,162	0,21	0,163	0,178
50	0,27	0,203	0,16	0,211
75	0,206	0,217	0,138	0,187
100	0,191	0,149	0,178	0,173
<b>Média da árvore</b>	0,203	0,194	0,164	0,187
<b>DP</b>	0,04	0,03	0,02	0,01
<b>CV (%)</b>	19,98	13,86	10,03	7,83

A densidade básica média entre as três árvores avaliadas foi de 0,270 g/cm<sup>3</sup> e de modo geral, apresentaram uma tendência de diminuição da densidade da base para o topo. O valor médio da densidade básica para essa espécie é bem menor que a densidade de espécies utilizadas comercialmente no Brasil, tais como *Eucalyptus* e *Pinus*. Gouvêa et al. (2011), em clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, aos três anos de idade, Sette Junior et al. (2012) em *Eucalyptus grandis* com 24 meses de idade e Alves et al. (2017), em *Eucalyptus cloeziana* aos 10 anos de idade, verificaram densidades básicas de 0,444 g/cm<sup>3</sup>, 0,430 g/cm<sup>3</sup> e 0,703 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente.

A densidade média da casca das árvores foi de 0,187 g/cm<sup>3</sup>, verificando-se um aumento da densidade em função da altura do tronco a 25%, 50% e 75% e uma diminuição na base (0%) e no topo (100%).

A madeira de fruta-pão var. *seminífera*, nessa idade é considerada leve, com elevadas quantidades de vasos e menores dimensões da espessura da parede das fibras, levando assim a baixa densidade da madeira.

Na Tabela 6 estão apresentados as contrações radiais, tangenciais, o coeficiente de anisotropia e a densidade básica das amostras.

**Tabela 6.** Valores médios de contrações tangenciais (Ctang), radiais (Crad), do coeficiente de anisotropia (CA) e da densidade básica da madeira de *Artocarpus altilis* var. *seminifera*.

Árvore	Ctang (%)			Crad (%)			CA			DB (g/cm <sup>3</sup> )		
	C	I	E	C	I	E	C	I	E	C	I	E
1	16,1	19,7	13,4	7,3	4,3	2,7	2,1	4,6	5,7	0,275	0,324	0,309
2	14,8	22,1	12,9	8,2	5,4	2,8	1,8	4,2	4,5	0,301	0,319	0,337
3	15,3	13,3	13,7	7,6	2,5	2,8	2,0	5,3	5,0	0,282	0,309	0,28
<b>Média</b>	15,4	18,4	13,3	7,7	4,1	2,8	2,0	4,7	5,1	0,286	0,317	0,309
<b>DP</b>	0,66	4,5	0,40	0,46	1,5	0,06	0,15	0,56	0,60	0,01	0,01	0,03
<b>CV (%)</b>	4,26	24,72	3,04	5,95	35,71	2,06	7,64	11,85	11,82	4,70	2,41	9,22

Contração tangencial (Ctang); Contração radial (Crad); Coeficiente de Anisotropia (CA); Densidade básica (DB). Posições radiais da amostra: Central (C), Intermediária (I) e Externa (E).

Observou-se maiores valores das contrações tangenciais em relação às contrações radiais e que as contrações tangenciais na posição intermediária são maiores quando comparadas às posições central e externa. Por outro lado, as contrações radiais na posição central foram maiores em relação às posições intermediária e externa. Batista et al. (2010) observaram situação semelhante em *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunii*, aos 11 anos, com valores de contrações tangenciais de 9,86% e 12,74% e radiais de 5,03% e 5,70%, respectivamente.

As contrações tangenciais e radiais da madeira da fruteira-pão var. seminífera apresentam valores elevados em relação a outras espécies, indicando maiores deformações de contração e inchamento.

Lahr et al. (2016) avaliaram as propriedades físicas da madeira da espécie jatobá (*Hymenaea stilbocarpa*) oriundas das regiões de extração, no Sul de Roraima e no Norte de Mato Grosso e verificaram que os valores das contrações radiais foram de 3,52%, 3,63% e 3,45% e para as contrações tangenciais foram de 7,23%, 6,71% e 6,63%, respectivamente na posição intermediária. Fonte et al. (2017) avaliaram as contrações da madeira criptoméria-do-Japão (*Cryptomeria japonica*) e verificaram valores médios de 6,93% para a contração tangencial e de 3,86% para contração radial.

A partir dos valores médios obtidos das contrações tangenciais e radiais, determinou-se o coeficiente de anisotropia, verificando-se maiores valores na posição externa, seguido da posição intermediária e central (Tabela 5).

Segundo Coronel (1994), com base no coeficiente de anisotropia (CA), a madeira pode ser classificada como excelente, com índices entre 1,2 e 1,5, normais ou médias, entre 1,5 e 2,0 e ruins, com valores de CA maiores que 2,0. As madeiras com índices superiores a 2,0 apresentam dificuldade para a fabricação de móveis devido a serem propensas ao fendilhamento, rachaduras e empenamentos. Em média, o coeficiente de anisotropia para a espécie estudada foi de 3,9. Isso indica que aos seis anos de idade a madeira da fruteira-pão var. seminífera não pode ser usada para a fabricação de móveis. Longui et al. (2010) caracterizaram as retrações lineares e a densidade básica no sentido medula-casca da madeira de açoita-cavalo (*Luehea divaricata*) e verificaram que o índice de anisotropia médio foi de 1,26. Torres et al. (2016) analisaram a qualidade da madeira de árvores jovens de *Eucalyptus camaldulensis* plantada em Rio Tinto, Paraíba e verificaram coeficiente de anisotropia de 1,55 para retração.

Em relação à densidade básica das mesmas amostras, observou-se maior valor na posição intermediária, próxima a medula, com média de 0,317 g/cm<sup>3</sup>. As densidades básicas nas posições central e externa foram de 0,286 g/cm<sup>3</sup> e 0,309 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente (Tabela 6).

Em estudos realizados com três clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e um clone *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis* com sete anos de idade, Santos et al. (2011) encontraram valores médios entre 0,500 a 0,550 g/cm<sup>3</sup>. Pereira et al. (2016) estudaram a densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus* e verificaram que os valores médios de 0,531 a 0,585 g/cm<sup>3</sup>.

Benin et al. (2017) para *Eucalyptus benthamii* com seis anos de idade também verificaram média de 0,500 g/cm<sup>3</sup>. Para *Cedrela odorata* e *Cedrelinga cateniformis*, Fernandes et al. (2018) encontraram respectivamente, valores médios de 0,410 g/cm<sup>3</sup> e 0,470 g/cm<sup>3</sup>.

De acordo com os resultados, verifica-se que a densidade básica da madeira e da casca da fruteira-pão var. seminífera com seis anos de idade foram baixas em relação à densidade básica das outras espécies comerciais utilizadas no Brasil, podendo ser indicada para a fabricação de laminados, compensados e caixotaria. Sugere-se que este estudo seja repetido com árvores com lenho tardio, e assim

avaliar o efeito das características da madeira, para um melhor direcionamento do uso e potencial da espécie.

## CONCLUSÕES

Árvores de fruteira-pão, *Artocarpus altilis* var. *seminífera* com seis anos de idade apresentam porte baixo, com alta proporção de lenho juvenil. A madeira pode ser considerada leve, com baixa densidade básica e coeficiente de anisotropia elevado, sendo indicada para a fabricação de laminados, compensados e caixotaria.

## REFERÊNCIAS

ALVES, R. C.; OLIVEIRA, A. L. C.; CARRASCO, E. V. M. Propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1-7, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Normas técnicas **NBR 11941**: Madeira: Determinação da Densidade Básica. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

BARBOSA, H. R.; ASCHERI, D. P. R.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P.; Permeabilidade, estabilidade e funcionalidade de filmes biodegradáveis de amido do caroço de jaca (*Artocarpus heterophyllus*). **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v.2, n.1, p.73–88, 2011.

BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; SANTOS, C. V. T. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 665-674, out.-dez., 2010.

BELINI, U. L.; TOMAZELLO FILHO, M.; CHAGAS, M. P.; OLIVEIRA, J. T. da S. Alterações na estrutura anatômica da madeira de cavacos de *Eucalyptus grandis* em três condições de desfibramento para a confecção de painéis MDF. **Revista Árvore**, v.32, p.523-532, 2008.

BENIN, C. C.; WATZLAWICK, L. F.; HILLIG, E. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus benthamii* sob efeito do espaçamento de plantio. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1375-1384, out.-dez., 2017.

BETINI, M. A.; GALATTI, P. E. **Curso de pasta mecânica**. Monte Alegre: Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, 1995.

BOSCHETTI, W. T. N.; PAES, J. B.; OLIVEIRA, J. T. da; DUDECKI, L. Características anatômicas para produção de celulose do lenho de reação de árvores inclinadas de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** Brasília, v. 50, n. 6, p.459-467, jun. 2015.

CALZAVARA, G. B. B. **Fruticultura tropical: a fruta-pão (*Artocarpus altilis* (Park.) Fôsborg)**. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1987. 24p.

CHAGAS, S. F.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. de C.; CARVALHO, A. M. M. L. Propriedades da madeira de teca de diferentes idades e oriundas de desbaste. **Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 5, n. 2, p. 138-150, 2014.

CORONEL, E. O. **Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas**, 1º parte, fundamentos de las propiedades físicas de las maderas. 1. ed. Santiago del Estero: Instituto de Tecnología de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero; 1994.

DEIVANAI, S.; SUBHASH J. B. Breadfruit (*Artocarpus altilis* Fosb.) – An underutilized and neglected fruit plant species. **Middle-east Journal of Scientific Research**, v. 6, n. 5, p. 418-428, 2010.

EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. de C.; VALLE, M. L. A.; XAVIER, B. A.. Caracterização anatômica quantitativa da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 273-284, jun. 2010.

FERNANDES, N. C. L.; VALLE, M. L. A.; CALDERON, C. M. A. Características Físicas e Anatômicas de *Cedrela odorata* L. e *Cedrelinga cateniformis* Ducke. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n.1, p. 1-10, 2018.

FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z. do; LIMA, I. L. de; LONGU, E. L. Variação nas dimensões dos elementos anatômicos da madeira de *Eucalyptus dunnii* aos sete anos de idade. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 79-91, jun. 2009.

FOELKEL, C. E. B. Madeira do eucalipto: da floresta ao digestor. **Boletim informativo IPEF**. I Congresso brasileiro sobre qualidade da madeira. São Paulo. 1978. 25 p.

FOELKEL, C.; MORA, E.; MENOCELLI, S. Densidade básica: sua verdadeira utilidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose. In: Congresso Florestal Brasileiro, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS, 1990, p. 719-728.

FONTE, A. P. N.; TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; ANJOS, R. A. M dos. Propriedades físicas e químicas da madeira de cerne e alborno de *Cryptomeria japonica*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.16, n.3, p.277-285, 2017.

FRANÇA, T. S. F. A.; ARANTES, M. D. C.; PAES, J. B.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. da S.; BARAÚNA, E. E. P. Características anatômicas e propriedades físico-mecânicas das madeiras de duas espécies de Mogno africano. **CERNE**, v. 21, n. 4, p. 633-640, 2015.

GOUVÊA, A. de F. G.; TRUGILHO, P. F.; JOSÉ LÍVIO GOMIDE, J. L.; SILVA, J. R. M. da; ANDRADE, C. R.; ALVES, I. C. N. Determinação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* por diferentes métodos não destrutivos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n.2, p.349-358, 2011.

IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v. 10, n. 3, p. 221-332, 1989.

LAHR, F. A. R.; ANDRÉ LUIS CHRISTOFORO, A. L.; SILVA, C. E. G. da; ANDRADE JUNIOR, J. R.; PINHEIRO, R. V. 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**, Viçosa-MG, v.40, n.1, p.147-154, 2016.

LONGUI, E. L.; LIMA, I. L. de; SILVA JÚNIOR, F. G. da; SUCKOW, I. M. S.; FLORSHEIM, S. M. B. Correlações entre algumas propriedades físicas, características químicas e anatômicas da madeira de *Luehea divaricata* Mart. Malvaceae (Tiliaceae). **Revista Instituto Florestal**, v. 22 n. 2 p. 177-187 dez. 2010.

MARSOEM, S. N.; FERYANTO, H.; YAMAMOTO, H. cell proportion and dimension of sukun (Breadfruit) (*Artocarpus communis* FORST) Wood: "A potential multipurpose tree species". **Wood Research Journal**, v. 4, n. 1, p. 1-6, 2013.

McCOY, M. D.; GRAVES, M. W.; MURAKAMI, G. Origins of Hawaiian breadfruit. **Economic Botany**, v. 64, n. 4, p. 374–381, 2010.

MORTON, J. Breadfruit. In: MORTON, J. F. **Fruits of warm climates**. Flórida, 1987. p. 50-58.

OLIVEIRA, J. T. S. Propriedades físicas e mecânicas da madeira. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora Ltda, 2007, p. 129-163.

OLIVETTI NETO, A. Qualidade de Cavacos de Eucalipto para Obtenção de Celulose Kraft. In: Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel, 2., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2002.

PEREIRA, V. J.; KAPLAN, M. A. C. *Artocarpus*: Um gênero exótico de Grande Bioatividade. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 1, p. 1-15, 2013.

PEREIRA, M. A.; SILVA, J. R. M. da.; RABELO, G. F.; ANDRADE, A. C. de A. Propriedades anatômicas, químicas e de densidade da madeira de *Coffea arabica* L. **CERNE**, v. 20, n. 3, p. 363-367, 2014.

PEREIRA, B. L. C.; CARVALHO, A. M. L.; OLIVEIRA, A. C.; SANTOS, L. C.; CARNEIRO, A. de C. O.; MAGALHÃES, M. A. de. Efeito da carbonização da madeira na estrutura anatômica e densidade do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 545-557, abr.-jun., 2016.

ROCHA, C. B. R.; POTIGUARA, R. C. de V. Morfometria das fibras das folhas de *Astrocaryum murumuru* var. *murumuru* Mart. **Acta Amazônica**, v.37, p.511-516, 2007.

SANTOS, R. C. dos. CARNEIRO, A. de C. O.; CASTRO, A. F. M.; CASTRO, R. V. O.; BIANCHE, J. J.; SOUZA, M. M. de. CARDOSO, M. T. Correlações entre os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 221-230, jun. 2011.

SHAMAUN, S. S.; RAHMANI, M.; HASHIM, N. M.; ISMAIL, H. B. M.; SUKARI, M. A.; LIAN, G. E. C.; GO, R. Prenylated flavones from *Artocarpus altilis*. **Journal of Natural Medicines**, v.64, p. 478–481, 2010.

SETTE JR, C. R.; IVANKA ROSADA DE OLIVEIRA, I. R. de; TOMAZELLO FILHO, M.; YAMAJI, F. Y.; LACLAU, J. P. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.6, p.1183-1190, 2012.

TORRES, P. M. de A.; PAES, J. B.; NASCIMENTO, J. W. B do; BRITO, F. M. S. Caracterização físico-mecânica da madeira jovem de *Eucalyptus camaldulensis* para aplicação na arquitetura rural. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n.1, p. 109-117, 2016.

TREVISAN, R.; ROSA, M.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; GATTO, D. A. Dimensões das fibras e sua relação com a idade de transição entre lenho juvenil e

adulto de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1385-1393, out.-dez., 2017.

VALENTE, B. M. de R. T.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. de C.; DELLA LUCIA, R. M. Variabilidade radial e longitudinal das propriedades físicas e anatômicas da madeira de angico-vermelho. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 100, p. 485-496, dez. 2013.

ZEREGA, N. J. C.; RAGONE, D.; MOTLEY, T. J. Complex origins of breadfruit (*Artocarpus altilis*, MORACEAE): Implications for human migrations in Oceania. **American Journal of Botany**, v. 91, n. 5, p. 760–766, 2004.

## CAPÍTULO 2

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA DE *Artocarpus atilis* variedade *seminifera* DA  
COLEÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA**

## DIVERGÊNCIA GENÉTICA DE *Artocarpus altilis* variedade *seminifera* DA COLEÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

**RESUMO:** O cultivo de *Artocarpus altilis* e a sua seleção na Oceania deu origem a uma ampla diversidade de variedades, conservadas em várias coleções de germoplasma implantadas nos trópicos, especialmente nas ilhas do Pacífico. No entanto, poucos são os estudos com a espécie var. *seminifera*. Visando maior conhecimento da espécie nas condições do Recôncavo baiano, este trabalho, objetivou-se avaliar a divergência genética da coleção de *Artocarpus altilis* variedade *seminifera* da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, por meio de marcadores moleculares microssatélites (SSR). Folhas de 27 plantas de fruteira-pão foram coletadas, liofilizadas e utilizadas para a extração do DNA genômico utilizando-se Protocolo de Murray e Thompson (1980) modificado. As amostras foram amplificadas com base no método proposto por Witherup et al. (2013) com pequenas alterações nas concentrações da primeira PCR. A concentração otimizada para amplificação de 20 µL continha: 4,34 µL de tampão 10x, 2,16 µL de MgCl<sub>2</sub> 50 mM, 3,48 µL de DNTP 2,5 mM, 1 µL de Taq DNA polymerase (5U/µL), 0,5 µL de primer forward de 10 µM, 0,5 µL de primer reverso 10 µM, 4,02 µL de H<sub>2</sub>O e 4 µL de DNA 5 ng/µL para obtenção de polimorfismo. Um total de 25 pares de marcadores SSR desenvolvidos para a espécie *A. altilis* foram utilizados em *A. altilis* variedade *seminifera*. O número de alelos por loco variou de 3 (MAA105) a 10 alelos (MAA9 e MAA178a), com uma média de 5,7 alelos. Os valores do conteúdo de informação polimórfica variaram de 0,52 (MAA105) a 0,86 (MAA178a), com uma média de 0,68. O MAA178a foi o melhor marcador para a identificação das plantas conforme valor de PIC. A frequência do alelo mais comum em cada loco variou de 18% (MAA178a) a 55% (MAA3). O coeficiente de dissimilaridade genética dos pares indicou que a menor distância genética foi obtida entre as plantas FPS18 e FPS23 (D=0,3684) e a maior distância genética, nas plantas FPS15 e FPS16 (D=0,9737). Verificou-se a formação de cinco grupos, sendo que as plantas: FPS18, FPS21, FPS20, FPS8, FPS12, FPS13, FPS19, FPS23, FPS25, FPS26, FPS14, FPS24, FPS9, FPS22, FPS15 e FPS27 são mais similares entre si e as FPS1 e FPS2, as mais dissimilares. Esses marcadores fornecem recursos para quantificar os níveis de divergência genética da fruteira-pão var. *seminifera* e são úteis em estudos futuros para otimizar a gestão da coleção, identificar duplicatas, orientar atividades de coleta e colaborar nas estratégias de conservação desse material para futuros programas de melhoramento.

**Palavras-chave:** Caracterização molecular; Fruta-pão de sementes; Marcadores microssatélites.

## GENETIC DIVERGENCE OF *Artocarpus altilis* variety *seminifera* FROM THE COLLECTION OF BAHIA RECONCAVO FEDERAL UNIVERSITY

**ABSTRACT:** The cultivation of *Artocarpus altilis* and its selection in Oceania gave rise to a wide variety of varieties, conserved in several germplasm collections implanted in the tropics, especially in the Pacific islands. However, there are few studies with var. *seminifera* species. This work aimed to evaluate the genetic divergence of the *Artocarpus altilis* variety *seminifera* from Bahia Reconcavo Federal University using microsatellite molecular markers (SSR). Leaves of 27 breadfruit plants were collected, lyophilized and used for the extraction of genomic DNA using Murray and Thompson (1980) protocol. The samples were amplified based on the method proposed by Witherup et al. (2013) with small changes in the concentrations of the first PCR. The concentration optimized for amplification of 20  $\mu$ L contained: 4.34  $\mu$ L of 10x buffer, 2.16  $\mu$ L of 50 mM MgCl<sub>2</sub>, 3.48  $\mu$ L 2.5 mM DNTP, 1  $\mu$ L of Taq DNA polymerase (5U/ $\mu$ L), 0.5  $\mu$ L of forward primer of 10  $\mu$ M, 0.5  $\mu$ L of 10  $\mu$ M reverse primer, 4.02  $\mu$ L of H<sub>2</sub>O and 4  $\mu$ L of 5 ng/ $\mu$ L DNA to obtain polymorphism. A total of 25 pairs of SSR markers developed for the *A. altilis* species were used in *A. altilis* variety *seminifera*. The number of alleles per locus ranged from 3 (MAA105) to 10 alleles (MAA9 and MAA178a), with a mean of 5.7 alleles. Polymorphic information content values ranged from 0.52 (MAA105) to 0.86 (MAA178a), with a mean of 0.68. MAA178a was the best marker for the identification of plants according to the PIC value. The frequency of the most common allele in each locus ranged from 18% (MAA178a) to 55% (MAA3). The genetic dissimilarity coefficient of the pairs indicated lower genetic distance was found on plants FPS18 and FPS23 plants ( $D = 0.3684$ ) and higher genetic distance in FPS15 and FPS16 plants ( $D = 0.9737$ ). It was verified the formation of five groups, and the plants: FPS18, FPS21, FPS20, FPS8, FPS12, FPS13, FPS19, FPS23, FPS25, FPS26, FPS14, FPS24, FPS9, FPS22, FPS15 and FPS27 are more similar among themselves and FPS1 and FPS2, the most dissimilar. These markers provide resources to quantify the levels of genetic divergence of breadfruit tree var. *seminifera* and are useful in future studies to optimize collection management, identify duplicates, guide collection activities, and collaborate on conservation strategies for future breeding programs.

**Keywords:** Molecular characterization; Seed breadfruit; Microsatellite markers.

## INTRODUÇÃO

A fruteira-pão (*Artocarpus altilis* Parkinson Fosberg) é uma árvore versátil, com muitos usos, incluindo construção, medicamentos, ração animal e repelente de insetos. Seu fruto, a fruta pão de caroço contem sementes, que são utilizadas na alimentação, nas formas assadas ou cozidas (SACRAMENTO et al., 2009). A fruta-pão pertence ao gênero *Artocarpus*, da família Moraceae. Esta família também inclui outros membros importantes como figueira, amoreira e jaqueira. Os milhares de anos de cultivo de fruta-pão e sua seleção na Oceania deu origem a uma ampla diversidade de variedades (ZEREGA et al., 2005).

Para ajudar a conservar e estudar a fruta-pão, muitas coleções de germoplasma foram montadas ao longo dos trópicos, especialmente nas ilhas do Pacífico, pois a maioria das cultivares são apirenas e, mesmo quando as sementes estão presentes, são recalcitrantes. As coleções de fruta-pão são mantidas em bancos de genes no campo (RAGONE, 1997).

O desenvolvimento de novas técnicas com auxílio de ferramentas da biotecnologia busca o fornecimento e o suporte nas avaliações da variabilidade genética das espécies em níveis fenotípicos e genotípicos (SONG et al., 2003). Os marcadores moleculares são ferramentas da biotecnologia que permitem fazer a caracterização genética de espécies de interesse e a escolha de características com menor tempo e custo e podem oferecer uma série de vantagens, entre elas: estabilidade, redução no número de plantas testadas em comparação a seleções fenotípicas, detecção de variabilidade em todos os tecidos vegetais, independente da fase de desenvolvimento (AGARWAL et al., 2008).

Nesse aspecto, o estudo com marcadores moleculares permite avaliar a variabilidade genética de uma população ao nível do DNA, permitindo também associar as plantas em grupos por similaridade e refletindo as semelhanças, ou diferenças, entre os genótipos a partir de uma amostra direta do genoma (RAO et al., 2008).

Segundo Giustina et al. (2017) para obter sucesso num programa de melhoramento é fundamental a caracterização da variabilidade genética de uma espécie.

Dentre os marcadores atualmente disponíveis, o *Simple Sequence Repeats* (SSR) ou microssatélites são sequências de DNA compostas por repetições curtas

em tandem em um dado loco. Essa classe de marcadores tem sido amplamente utilizada devido à rapidez, simplicidade, rico polimorfismo e estabilidade quando aplicado em análise de diversidade genética das espécies (ZHANG et al., 2007).

Canal et al. (2016) avaliaram a diversidade genética entre duas populações de *Psidium guineense* utilizando marcadores microssatélites e verificaram que esses marcadores demonstraram eficiência na detecção de polimorfismo, mostrando que houve diversidade genética entre os indivíduos amostrados nas duas populações, sendo de grande importância para o melhoramento genético e conservação da espécie.

As análises filogenéticas recentes de dados morfológicos e de sequência de DNA em espécies de *Artocarpus* indicam quais espécies são da mesma linhagem monofilética com *Artocarpus altilis* (ZEREGA, et al., 2005).

Estudos realizados por Zerega et al. (2004) com marcadores moleculares AFLP, com o intuito de identificar a origem das variedades de fruta-pão (*Artocarpus altilis*) e investigar as relações entre as espécies *A. camansi* e *A. mariannensis*, revelaram que a espécie *A. altilis* apresenta pelo menos duas origens, a saber: Melanésia e Polinésia. Esta espécie surgiu ao longo de gerações por meio de propagação vegetativa e da seleção do *A. camansi*.

Estudos mais recentes têm envolvido a caracterização molecular de *Artocarpus altilis* e outras culturas do mesmo gênero, por meio de marcadores moleculares microssatélites, e assim identificar indivíduos homocigotos e heterocigotos. Segundo Witherup et al. (2013) os marcadores SSR utilizados foram eficientes pois apresentaram elevados níveis de polimorfismo em sete espécies do gênero *Artocarpus*, inclusive a *A. altilis*, indicando a potencialidade e a transferibilidade desses marcadores para outras espécies do gênero.

De Bellis et al. (2016) utilizaram a tecnologia de sequenciamento de nova geração (NGS), em novos locos microssatélites que foram caracterizados em *Artocarpus altilis* e em duas espécies de *Artocarpus*, (*Artocarpus camansi* e *Artocarpus heterophyllus*), com intuito de aumentar o número de marcadores disponíveis para genotipagem de cultivares de fruta-pão e verificaram que entre 50 marcadores SSR que foram selecionados e avaliados, todos os locos foram polimórficos em *A. altilis*, 44 em *A. camansi* e 21 em *A. heterophyllus* e que serão úteis para avaliar a identidade, a diversidade genética e otimizar o gerenciamento de bancos de germoplasma de fruta-pão.

O presente trabalho tem como objetivo testar o potencial dos marcadores microssatélites desenvolvidos para *Artocarpus altilis* na espécie *A. altilis* variedade seminífera e assim caracterizar a divergência genética existente na coleção de fruteira-pão da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Material Vegetal**

Foram utilizadas folhas jovens de 27 plantas de fruteira-pão variedade seminífera da Coleção do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no município de Cruz das Almas-BA (latitude  $-12^{\circ}40'39''$  sul e longitude  $39^{\circ}06'07''$  oeste, altitude 220 metros, apresentando precipitação média de 1773,9 mm, temperatura média anual é de  $23,4^{\circ}$  C e umidade relativa do ar de aproximadamente 82%).

Após a coleta, as folhas foram colocadas em sacos plásticos transparentes, identificadas com etiquetas (Figura 2). Foi adicionada uma pequena quantidade de água dentro de cada saco, a fim de manter a umidade das folhas.

As folhas foram lavadas em água corrente e em seguida em água destilada e cortadas com tesoura em pequenos pedaços, eliminando-se a nervura central, e em seguida as amostras foram colocadas em eppendorfs de 2,0 mL e vedados com filme de PVC, perfurados com ponteiros (Figura 1). Para evitar que os DNAs de cada folha fossem misturados, antes de cortar, a tesoura era lavada em álcool 70% e depois em água destilada. Os eppendorfs com as amostras foram colocados em caixas do tipo Criobox e levados ao freezer a uma temperatura de  $-20^{\circ}$  C, por 44 horas.

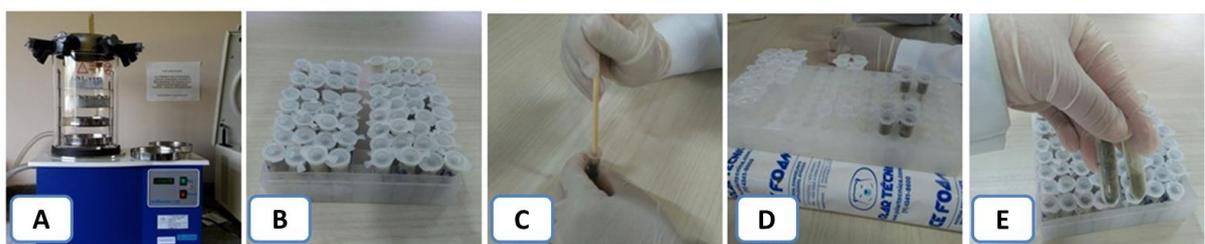
Após esse período, as amostras foram colocadas no ultrafreezer a uma temperatura de  $-180^{\circ}$  C, por 96 horas. Em seguida foram liofilizadas por 26 horas e 30 minutos (Figura 3) e transportadas em caixa de isopor. Após a retirada da proteção de filme de PVC, os eppendorfs foram tampados e colocados em caixa do tipo Criobox, que foram envoltas em sacos plásticos transparentes e guardadas no freezer a  $-20^{\circ}$  C. As amostras foram maceradas com palito do tipo churrasco dentro do eppendorf e transferidas para outro eppendorf de 2,0 mL, tampados e vedados

com filme de PVC. Os eppendorfs foram colocados em caixa do tipo Criobox, envolvidas de sacos plásticos transparentes e armazenados no freezer a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Fonte: Poliana Silva, 2017.

**Figura 1.** Preparação das amostras para a liofilização das folhas. A. Coleta das folhas; B. Folha; C. Lavagem das folhas em água corrente; D. Lavagem das folhas em água destilada; E. Cortes das folhas; F. Parte da folha sem nervura; G. Cortes dos pedaços das folhas; H. Amostras colocadas no eppendorf de 2,0 mL; I. O eppendorf sendo vedado com filme de PVC; J. Furos no filme de PVC com a ponteira.



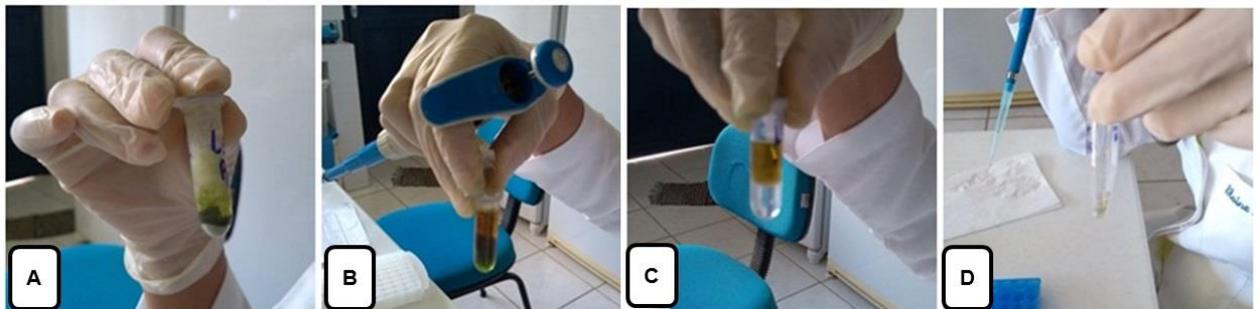
Fonte: Poliana Silva, 2018.

**Figura 2.** Amostras liofilizadas. A. Amostras no liofilizador; B. Caixa criobox com as amostras liofilizadas; C. Maceração das amostras liofilizadas; D. Amostras maceradas; E. Amostras liofilizadas com e sem maceração.

## Extração de DNA

A partir das amostras liofilizadas realizou-se a extração do DNA genômico das 27 plantas de fruteira-pão var. seminífera. As amostras foram retiradas do freezer e colocadas para descongelar. Depois de descongeladas, 300 mg de cada amostra foram colocadas em eppendorfs de 2,0 mL armazenados em caixas criobox e levados para geladeira.

A extração do DNA foi realizada utilizando-se Protocolo de Murray e Thompson (1980) modificado (Figura 3). Em função da oxidação das folhas foram realizadas duas vezes as etapas: a) adicionar igual volume da solução de clorofórmio e álcool iso-amílico (24:1), vortexar rapidamente até formar uma emulsão, centrifugar a 10.000 rpm por 10 min para dissolver e retirar outras substâncias (proteínas, carboidratos, lipídios, entre outras) do DNA e b) lavar o pellet com 500  $\mu$ L de etanol 70% gelado e centrifugar a 10.000 rpm por 3 min, para a lavagem do DNA. Após os DNAs extraídos foram armazenados em caixas criobox e colocados no freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$ .



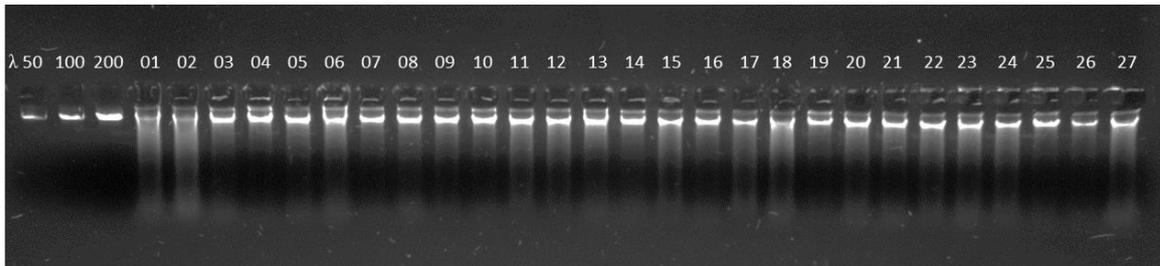
Fonte: Poliana Silva, 2018.

**Figura 3.** Extração do DNA das plantas de *Artocarpus altilis* var. *seminífera*. A. Amostra liofilizada com a solução tampão de extração; B. Retirada do sobrenadante para outro microtubo de 1,5 mL; C. Após a segunda lavagem para a retirada do sobrenadante e D. DNA genômico.

## Quantificação e Diluição do DNA

A qualidade e quantidade do DNA (5  $\mu$ L de DNA com 3  $\mu$ L do solução azul bromofenol - 30% de glicerol e 0,25% de azul bromofenol) foi verificada em gel de agarose a 0,8% (p/v), corado com 3  $\mu$ L brometo de etídio (10 mg/mL), em tampão

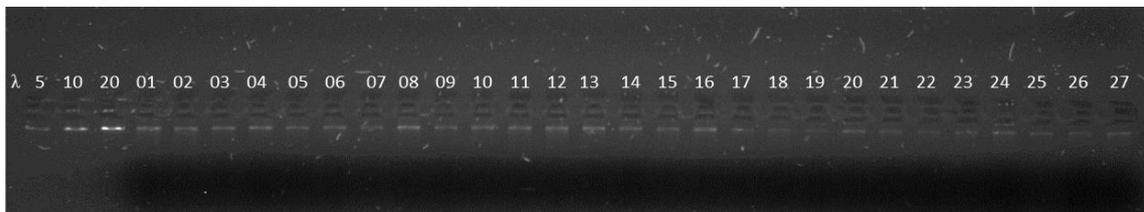
TBE 1X (90 mM de Ultra Pure™ Tris - Tris-Hidrocloreto, 89 mM de Ácido bórico, 2 mM de Ultra Pure™ EDTA - ethylenediaminetetraacetate), de acordo o DNA Lambda (10 ng/μL). A eletroforese foi conduzida a 60 V por 40 minutos e fotodocumentada em transiluminador (L-PIX) (Figura 4).



Fonte: Ciro Filadelfo, 2018.

**Figura 4.** Quantificação do DNA das 27 plantas de *Artocarpus altilis* var. *seminifera*.

A diluição do DNA (Figura 5) foi em tampão TE 1X (Tris 2 M, EDTA 0,5 M pH=8,0) para uma concentração final de 5 ng/μL com os mesmos parâmetros da eletroforese supracitada, de acordo as concentrações iniciais de 50, 100 e 200 ng/μL encontradas nas quantificações.



Fonte: Ciro Filadelfo, 2018.

**Figura 5.** Diluição do DNA das 27 plantas de *Artocarpus altilis* var. *seminifera*.

A Tabela 1 apresenta as características dos 25 locos microssatélites amplificados na fruteira-pão var. seminífera. Os primers SSR utilizados foram desenvolvidos para a variedade *Artocarpus altilis* (WITHERUP et al., 2013).

**Tabela 1.** Características de 25 locos microssatélites amplificados na *Artocarpus altilis* var. *seminifera*.

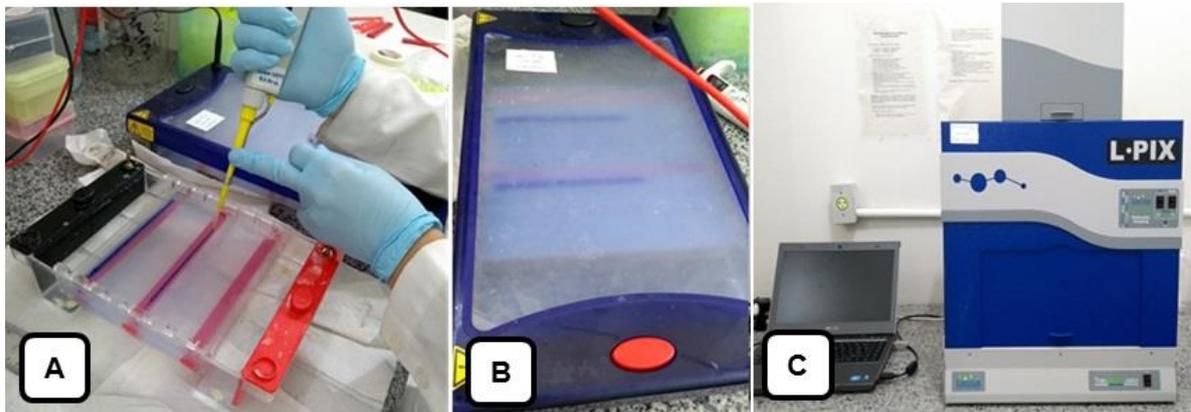
PRIMERS	LOCUS	SEQUENCIA DOS PRIMERS (5' - 3')	REPETIÇÕES	T <sub>a</sub> (°C)
SSR-01	MAA3	F: TGTTCTAGCTGCACGAATTATG R: CTTGAATCAAACAGGCCAATTA	(TA) <sub>5</sub>	59,8
SSR-02	MAA9	F: AACAGGGTTAAAATCCCTTCAC R: GTTCCCGTTTTGTTCAAAGAG	(CA) <sub>15</sub>	59,8
SSR-03	MAA26	F: CATGAATGAAACAACATCAGAC R: ATAGTCATAAAGCCCTGCG	(GT) <sub>9</sub>	59,8
SSR-04	MAA40	F: AGCATTTCAGGTTGGTGAC R: GTTGTCTGTTTGCCCTCATC	(TG) <sub>16</sub>	59,8
SSR-05	*MAA54a	F: AACCTCCAAACACTAGGACAAC R: AGCTACTTCCAAAACGTGACA	(CA) <sub>5</sub> , (AT) <sub>4</sub>	59,8
SSR-06	*MAA54b	F: AACCTCCAAACACTAGGACAAC R: AGCTACTTCCAAAACGTGACA	(AT) <sub>9</sub> , (CA) <sub>6</sub> , (AT) <sub>4</sub>	59,8
SSR-07	MAA71	F: TTCCTATTTCTTGACAGATTCTC R: AGTGGTGGTAAGATTCAAAGTG	(CT) <sub>11</sub> , (CA) <sub>19</sub>	59,8
SSR-08	MAA85	F: TCAGGGTGTAGCGAAGACA R: AGGGCTCCTTTGATGGAA	(CA) <sub>11</sub>	59,8
SSR-09	MAA96	F: GGACCTCAAGGATGTGATCTC R: ACACGGTCTTCTTTGGATAGC	(CA) <sub>14</sub> , (TA) <sub>7</sub> , (TG) <sub>3</sub>	59,8
SSR-10	MAA105	F: GTTGGGACACTGTGAATATTC R: AAAAGCTAGTGGATTAGATGCA	(GT) <sub>11</sub>	59,8
SSR-11	MAA122	F: CTGGCCTTCAGTTTTGTCAAC R: CACCAGGCTTCAAGATGAAA	(GT) <sub>11</sub> , (GA) <sub>4</sub> , (GA) <sub>11</sub>	59,8
SSR-12	MAA135	F: TGCATCATAAGGTTGCTCTG R: TGGGCTTTTTCTGGAAAC	(AG) <sub>22</sub>	59,8
SSR-13	MAA140	F: CCATCCCCATCTTTCTC R: TCCTCGTTTGCCACAGTG	(CT) <sub>25</sub>	59,8
SSR-14	MAA145	F: CCAACGCATAGCCAAATC R: AAATCCCAAACCCAACGT	(CTT) <sub>9</sub> , (GA) <sub>14</sub> , (GA) <sub>8</sub>	59,8
SSR-15	MAA156	F: CTGGTGCTTCAGCCTAATG R: TCAGCGTCAAAGATAACTCG	(GA) <sub>3</sub> , (GA) <sub>5</sub> , (GA) <sub>8</sub> , (GA) <sub>13</sub>	59,8
SSR-16	*MAA178a	F: GATGGAGACACTTTGAACTAGC R: CACCAGGGTTTAAGATGAAAC	(GT) <sub>3</sub> , (GT) <sub>6</sub> , (GT) <sub>3</sub> , (GA) <sub>3</sub> , (GA) <sub>10</sub>	59,8
SSR-17	*MAA178b	F: GATGGAGACACTTTGAACTAGC R: CACCAGGGTTTAAGATGAAAC	(GT) <sub>3</sub> , (GT) <sub>3</sub> , (GA) <sub>3</sub> , (GA) <sub>11</sub>	59,8
SSR-18	MAA182	F: TACTGGGTCTGAAAAGATGTCT R: CGTTTGCCTTTGGATAAAT	(CT) <sub>19</sub>	59,8
SSR-19	*MAA196a	F: GGAATGTGGTAGATGAACTCC R: CGACAAAAAACAAGGAAGAC	(CT) <sub>11</sub> , (GA) <sub>4</sub>	59,8
SSR-20	*MAA196b	F: GAATGTGAGAGATAAATCTCC R: CGACAAAAAACAAGGAAGAC	(CT) <sub>12</sub>	59,8
SSR-21	MAA201	F: GGTTCAATTCACACATACAGG R: TTGAGGCTAAAAGAATATGAGG	(GA) <sub>15</sub>	59,8
SSR-22	MAA219	F: ATTTGCATCATGTAGGACA R: GGACACAACGACATTGAC	(CAT) <sub>8</sub>	59,8
SSR-23	MAA251	F: ATCGTCTTTGTACCACCAC R: ATAGCCGAGTAAGTGGATGGA	(ATC) <sub>10</sub>	59,8
SSR-24	MAA287	F: CTTCCCACTAAATGTAAACG R: TCTCAAACAATGGAGTGATC	(TCTA) <sub>5</sub>	59,8
SSR-25	MAA293	F: TCCCCTTCACTTTGCGGAT R: CGATTTGACCCACCATT	(CTAT) <sub>6</sub>	59,8

Temperatura de anelamento (T<sub>a</sub>(°C)); Primers amplificados com dois Loci(\*); Presença de nucleotídeos não repetidos entre repetições (a). \*Witherup et al. (2013).

## Otimização dos iniciadores microssatélites

A Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) foi realizada com base no método proposto por Witherup et al. (2013) com pequenas alterações, sendo as concentrações modificadas com o dobro dos componentes da primeira PCR em que 20  $\mu\text{L}$  continha: 4,34  $\mu\text{L}$  de tampão 10x, 2,16  $\mu\text{L}$  de  $\text{MgCl}_2$  50 mM, 3,48  $\mu\text{L}$  de DNTP 2,5 mM, 1  $\mu\text{L}$  de Taq DNA polymerase (5U/ $\mu\text{L}$ ), 0,5  $\mu\text{L}$  de primer forward de 10  $\mu\text{M}$ , 0,5  $\mu\text{L}$  de primer reverso 10  $\mu\text{M}$ , 4,02  $\mu\text{L}$  de  $\text{H}_2\text{O}$  e 4  $\mu\text{L}$  de DNA 5 ng/ $\mu\text{L}$ . O tempo e a quantidade de ciclos foram alterados também, com base no somatório das duas PCRs, em que as condições para o PCR foram 94°C durante 6 min; 40 ciclos a 94°C durante 59 s, temperatura de anelamento de 59,8°C durante 60 s e 72°C durante 2 minutos e uma extensão final de 72°C durante 10 min.

A partir da reação de PCR, os fragmentos amplificados foram visualizados em gel de agarose a 3% corado com brometo de etídio, em tampão TBE 0,5 x conduzido a 100 V por 2 horas (Figura 7). Os tamanhos dos fragmentos amplificados foram definidos pelo marcador DNA Ladder de peso molecular 100 pb, fotodocumentados em transiluminador (L-PIX) (Figura 6).



Fonte: Poliana Silva, 2018.

**Figura 6.** Reação de PCR. A. Cuba; B. Visualização dos fragmentos amplificados e C. Transiluminador (L-PIX).

## Análise dos dados

O tamanho dos fragmentos amplificados foi determinado comparando a distância da migração dos fragmentos amplificados relativamente ao peso molecular de marcadores de tamanho conhecidos, na escala de 100 pares de bases (pb). O

número de alelos por locos, maior frequência alélica, diversidade genética e valores de PIC foram calculados usando o programa MolKin versão 2.0 (GUTIÉRREZ et al., 2005).

A matriz de dissimilaridade genética foi gerada com o programa DARwin 6 (PERRIER; JACQUEMOUD-COLLET, 2006). Para construção do diagrama de dispersão e do dendrograma foi utilizado o método de agrupamento UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Average*) por meio do Programa MEGA 7 (KUMAR et al., 2016).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 25 pares de iniciadores testados, 19 forneceram produtos de amplificação dos fragmentos nítidos e receptibilidade.

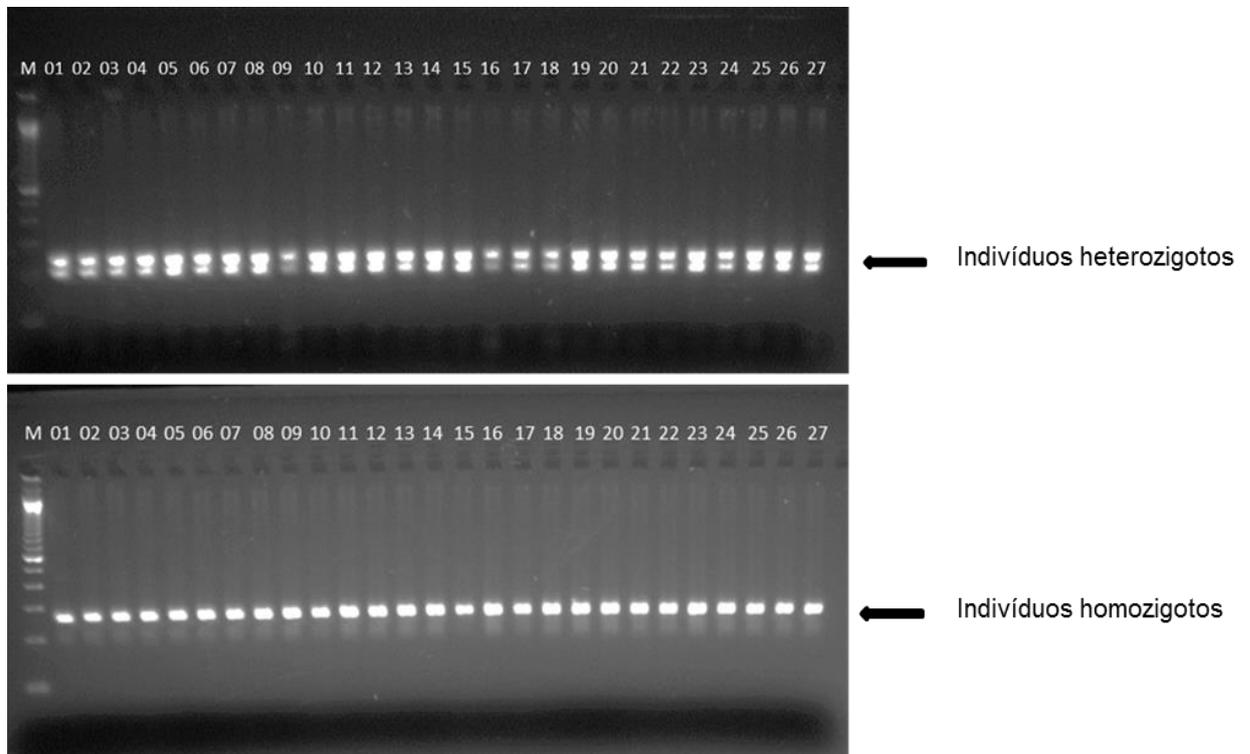
Os 25 pares de marcadores microssatélites que foram utilizados nas 27 plantas de fruteira-pão variedade seminífera para caracterização dos indivíduos conseguiu determinar indivíduos homocigotos e heterocigotos. A Figura 7 mostra uma imagem em gel de fragmentos amplificados produzidos pelos iniciadores MAA178a e MAA196.

Entre estes 25 pares de primers, 19 primers foram identificados como polimórficos. Um total de 108 alelos foram detectados nos locos de 19 marcadores microssatélites nas 27 plantas de fruteira-pão var. seminífera (Tabela 2).

O número de alelos por loco gerado por cada marcador variou de 3 a 10 alelos, com uma média de 5,7 alelos por loco. O maior número de alelos (10) foi detectado nos locos MAA9 (SSR-2) e MAA178a (SSR-16) e o menor número de alelos (3) foi detectado no loco MAA105 (SSR-10). Em média, 38% das 27 plantas de fruteira-pão var. seminífera compartilharam um alelo principal comum em qualquer loco, variando de 18% (MAA 178a) a 55% (MAA3) de alelo comum em cada locos. Isto sugere que estes marcadores podem ser potencialmente utilizados para a caracterização molecular de *Artocarpus altilis* var. *seminífera* como também para outras espécies do gênero *Artocarpus*.

Witherup et al. (2013) verificaram que todos os locos de *Artocarpus* avaliados (*A. altilis* diploide, *A. altilis* triploide, *A. altilis* x *mariannensis* diploide, *A. altilis* x *mariannensis* triploide, *A. camansi*, *A. mariannensis* e *A. heterophyllus*) são polimórficos para pelo menos uma espécie. O número de alelos entre locos e

espécies varia de 1 a 15, com o número médio dentro de uma espécie variando de dois a nove.



Fonte: Ciro Filadelfo, 2018.

**Figura 7.** Padrão eletroforético obtido pela amplificação do DNA em 27 plantas de *Artocarpus altilis* var. *seminifera*, utilizando os primers de microssatélites MAA178a e MAA196. M = Marcador Ladder 100 pb.

Marcadores microssatélites de cloroplastos foram desenvolvidos por Gardner et al. (2015) para *Artocarpus altilis* e *A. odoratissimus* a partir de sequências transcriptômicas de fruta-pão (*Artocarpus altilis*) e breadnut (*A. camansi*) e observaram que por espécie, os alelos médios por loco variaram entre 2,2 e 2,5.

As amplitudes de variação em pares de base (pb) (Tabela 2) para os locos selecionados foram de 133 a 245 pb, onde as maiores amplitudes encontradas foram para os locos MAA9 (146 - 185 pb) e MAA178a (162 - 200 pb), com variação de 39 e 38 pb em cada locos, respectivamente. A menor amplitude de variação foi para o loco MAA105 com 177-185 pb, com variação de 8 pb no loco.

**Tabela 2.** Produto de amplificação dos 19 iniciadores SSR, em 27 plantas de *Artocarpus altilis* var. *seminifera* da coleção da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Marcador	Locus	Nº A	Freq.	Am (bp)	Ho.	Tam. A	PIC
SSR-1	MAA3	4	0,5556	185-200	0,6063	2,54	0,5502
SSR-2	MAA9	10	0,3077	146-185	0,8158	5,43	0,7936
SSR-4	MAA40	6	0,3704	133-146	0,7215	3,59	0,6730
SSR-7	MAA71	6	0,3704	143-158	0,7545	3,59	0,7171
SSR-8	MAA85	5	0,3704	155-169	0,7188	3,56	0,6687
SSR-9	MAA96	4	0,4074	177-190	0,7106	3,45	0,6605
SSR-10	MAA105	3	0,5185	177-185	0,5981	2,49	0,5217
SSR-11	MAA122	6	0,2400	193-223	0,8160	5,43	0,7901
SSR-13	MAA140	5	0,3333	143-155	0,7654	4,26	0,7276
SSR-14	MAA145	4	0,5000	205-223	0,6391	2,77	0,5779
SSR-15	MAA156	4	0,4444	211-230	0,6804	3,13	0,6256
SSR-16	MAA178a	10	0,1852	162-200	0,8779	8,19	0,8655
SSR-17	MAA178b	7	0,2778	181-211	0,8155	5,42	0,7904
SSR-18	MAA182	7	0,4074	177-205	0,7407	3,86	0,7058
SSR-19	MAA196	6	0,4074	195-223	0,6831	3,16	0,6291
SSR-21	MAA201	4	0,4615	223-245	0,6627	2,96	0,6039
SSR-23	MAA251	5	0,4615	133-143	0,6834	3,16	0,6344
SSR-24	MAA287	7	0,4444	146-169	0,7215	3,59	0,6860
SSR-25	MAA293	5	0,2857	146-158	0,7710	4,37	0,7337
<b>Média</b>		5,7	0,3868		0,7254	3,94	0,6818

Nº A= Número de alelos; Am= Amplitude do locus; Ho= Heterozigidade observada ( $p \leq 0,001$ ); TAM. A= PIC= Conteúdo de informação polimórfica.

A amplitude de variação encontrada por Witherup et al. (2013) em espécies de *Artocarpus* foi semelhante, sendo 131-307 pb, 129-328 pb, 145-328 pb, 137-328 pb, 139-329 pb, 147-326 pb e 142-377 pb para as respectivas espécies *A. altilis* diploide, *A. altilis* triploide, *A. altilis* x *mariannensis* diploide, *A. altilis* x *mariannensis* triploide, *A. camansi*, *A. mariannensis* e *A. heterophyllus*.

Gardner et al. (2015) avaliaram locos microssatélites de cloroplastos caracterizados a partir de quatro conjuntos de transcriptomas de *Artocarpus altilis* (fruta-pão) e *A. camansi* (breadnut) e observaram que os marcadores desenvolvidos apresentam amplitude de variação de 163-278 pb para *A. odoratissimus* e 169-299 pb para *Artocarpus altilis*.

A heterozigidade observada (Ho) apresentou uma média de 0,7254, variando de 0,5981 a 0,8779. Os maiores valores para Ho foi no loco MAA178a

(SSR-16) com  $H_o = 0,8779$ . Isso sugere que, a maioria das plantas avaliadas, existe maior proporção de heterozigotos.

Balas et al. (2014) estabeleceram uma coleção nuclear com marcadores de repetição simples (SSR) a partir do banco de germoplasma de figueira (*Ficus carica* L.), árvores frutíferas do Mediterrâneo e observaram que a heterozigosidade observada ( $H_o$ ) variou de 0,17 no loco LMFC23 a 0,79 no loco MFC1, com uma média de 0,51.

Liu et al. (2016) desenvolveram e caracterizaram marcadores EST-SSR para kwai muk (*Artocarpus hypargyreus*) na China e observaram que a heterozigosidade observada apresentou variação menor de 0,00 a 0,706, sugerindo excesso de indivíduos homozigotos.

Os marcadores microssatélites foram altamente informativos e polimórficos conforme verificados o valor do PIC (Tabela 2). O valor PIC de cada marcador variou muito para todos os locos de SSR testados, de 0,52 a 0,86, com uma média de 0,68. O maior valor de PIC 0,86 foi obtido para MAA178a e o menor valor de PIC 0,52 foi obtido para MAA105.

Segundo Botstein et al. (1980) nos estudos genéticos os valores de PIC indica a qualidade do marcador molecular. De acordo a classificação, os valores abaixo de 0,25 são pouco informativos, de 0,25 a 0,5 medianamente informativos e superiores a 0,5 muito informativos. Neste trabalho, os marcadores avaliados, se enquadraram como medianamente e muito informativos.

Para caracterização genética de germoplasma de *Artocarpus*, Zerega et al. (2015) observaram que os locos de microssatélites coletivamente tinham um conteúdo de informação polimórfico (PIC) de 0,627. De Bellis et al. (2016) desenvolveram novos locos microssatélites que foram caracterizados em *Artocarpus altilis* e em duas espécies de *Artocarpus*, a *Artocarpus camansi* e *Artocarpus heterophyllus* e observaram que o PIC variou de 0,29 a 0,85.

O tamanho dos alelos (Tabela 2) variou de 2,49 (MAA105) a 8,19 (MAA178a), apresentando uma média de 3,94. Verifica-se que, apesar do alelo MAA105 apresentar uma maior frequência (0,5185) e maior amplitude (162 - 200 pb), foi o que apresentou menor tamanho (2,49) e o alelo MAA178a que apresentou menor frequência (0,1852), menor amplitude (177-185 pb) foi o que apresentou maior tamanho de alelo (8,19).

Na Tabela 3, observa-se a Matriz de Dissimilaridade baseada nos marcadores co-dominantes microssatélites (SSR) estudados. Verifica-se que as plantas que apresentaram menor distância genética foram as FPS18 e FPS23, obtendo valor mínimo ( $D= 0,3684$ ), sendo assim as plantas mais próximas e as plantas que apresentaram maior distância genética foram as FPS15 e FPS16, com o valor máximo ( $D=0,9737$ ), ou seja, as plantas mais distantes.

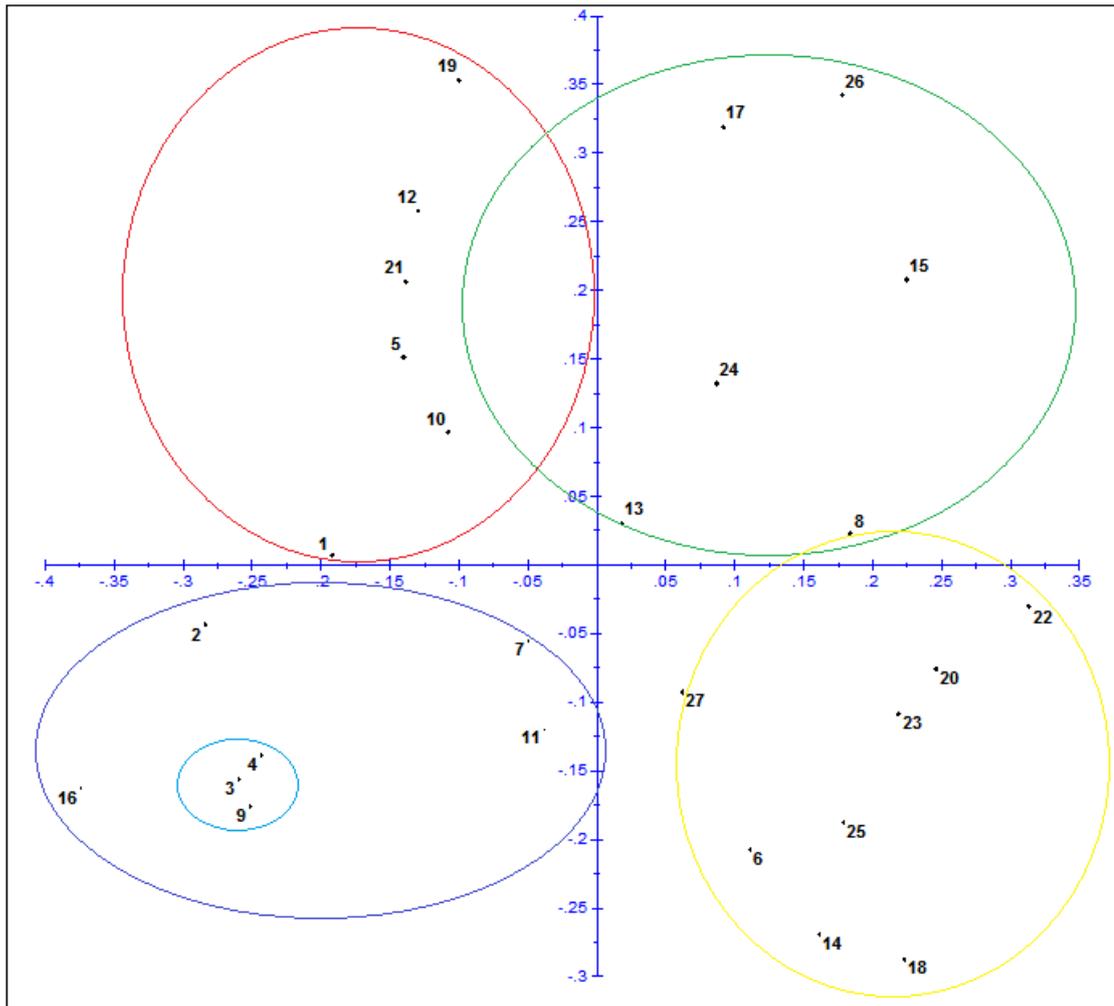
Na Figura 9 observa-se o diagrama de dispersão das áreas referentes às plantas de *Artocarpus altilis* var. *seminífera* analisado via marcadores microssatélites.

Verifica-se que as plantas FPS1, FPS5, FPS10, FPS12, FPS19 e FPS21 estão mais próximas entre si, diferindo das demais. As plantas FPS8, FPS13, FPS15, FPS17, FPS24 e FPS26 são vistas mais próximas, sendo distintas das outras plantas. As plantas FPS2, FPS3, FPS4, FPS7, FPS9, FPS11 e FPS16 são mais próximas entre si, sendo distintas das demais. As plantas FPS6, FPS14, FPS18, FPS20, FPS22, FPS23, FPS25 e FPS27 são mais próximas. As plantas que se encontram mais próximas são as mais similares e as mais distantes, são, portanto, os mais dissimilares.

Com isso, observa-se a existência de divergência de genética entre as 27 plantas de fruteira-pão var. *seminífera*. Na Figura 9 encontra-se o dendrograma, com o resultado da análise de agrupamento obtidos entre as 27 plantas de *Artocarpus altilis* var. *seminífera* e pelo método de agrupamento UPGMA. Verifica-se a formação de cinco grupos. No primeiro grupo, agruparam-se 16 plantas: FPS18, FPS21, FPS20, FPS8, FPS12, FPS13, FPS19, FPS23, FPS25, FPS26, FPS14, FPS24, FPS9, FPS22, FPS15 e FPS27. O segundo grupo foi formado por duas plantas: FPS6 e FPS10. As cinco plantas FPS3, FPS5, FPS4, FPS7 e FPS11 formaram o terceiro grupo. O quarto grupo foi formado por duas plantas FPS16 e FPS17 e quinto grupo foi agrupado com duas plantas, FPS1 e FPS2.

**Tabela 3.** Matriz de dissimilaridade genética entre pares das 27 plantas de *Artocarpus atilis* var. *seminifera* obtidas das análises de marcadores microssatélites.

PLANTAS	FPS-1	FPS-2	FPS-3	FPS-4	FPS-5	FPS-6	FPS-7	FPS-8	FPS-9	FPS-10	FPS-11	FPS-12	FPS-13	FPS-14	FPS-15	FPS-16	FPS-17	FPS-18	FPS-19	FPS-20	FPS-21	FPS-22	FPS-23	FPS-24	FPS-25	FPS-26	FPS-27
FPS-1	0,0000																										
FPS-2	0,8158																										
FPS-3	0,8158	0,7105																									
FPS-4	0,7368	0,6053	0,8158																								
FPS-5	0,7895	0,6316	0,7105	0,8684																							
FPS-6	0,6579	0,8684	0,7368	0,7895	0,8421																						
FPS-7	0,8421	0,5263	0,6053	0,7368	0,6053	0,6579																					
FPS-8	0,8421	0,7895	0,8421	0,8158	0,7105	0,6316	0,7105																				
FPS-9	0,7895	0,5789	0,6053	0,7632	0,7895	0,7632	0,7368	0,8421																			
FPS-10	0,8158	0,7895	0,8158	0,7632	0,5526	0,9211	0,6579	0,7895	0,7105																		
FPS-11	0,6579	0,7895	0,5789	0,8684	0,7895	0,4474	0,6316	0,7368	0,6316	0,7632																	
FPS-12	0,6579	0,7895	0,5789	0,7632	0,6579	0,6842	0,5789	0,6316	0,7105	0,6579	0,6053																
FPS-13	0,8158	0,8158	0,7105	0,8947	0,8158	0,7105	0,8158	0,8684	0,6579	0,7368	0,6579	0,7632															
FPS-14	0,8158	0,7632	0,7105	0,7105	0,6842	0,6842	0,6842	0,7368	0,7105	0,7105	0,6316	0,8947	0,7105														
FPS-15	0,7632	0,7368	0,9211	0,7895	0,6842	0,7895	0,6842	0,6053	0,8158	0,7895	0,7895	0,6842	0,7895	0,6316													
FPS-16	0,8947	0,6842	0,7632	0,7895	0,7632	0,8684	0,8421	0,8947	0,7632	0,7105	0,7368	0,8684	0,7632	0,8421	<b>0,9737</b>												
FPS-17	0,8684	0,7368	0,7632	0,8421	0,6579	0,8421	0,7895	0,7368	0,8421	0,7105	0,7105	0,6316	0,7895	0,7632	0,5526	0,8947											
FPS-18	0,8421	0,7105	0,7632	0,7632	0,6842	0,6316	0,6316	0,6842	0,7368	0,7895	0,5789	0,8421	0,7105	0,5526	0,6316	0,8421	0,8158										
FPS-19	0,8421	0,6842	0,7895	0,7632	0,5526	0,8684	0,6316	0,7368	0,8421	0,6842	0,7105	0,4211	0,6842	0,8158	0,6053	0,7895	0,6316	0,8158									
FPS-20	0,9474	0,7105	0,8684	0,7895	0,6842	0,6842	0,6316	0,7895	0,8421	0,6053	0,7105	0,7105	0,6842	0,5263	0,6316	0,7895	0,5789	0,4474	0,7895								
FPS-21	0,7368	0,6842	0,7368	0,7895	0,6579	0,7368	0,7105	0,7895	0,8158	0,7105	0,6316	0,6316	0,7105	0,8421	0,6842	0,7105	0,5789	0,7632	0,6579	0,7105							
FPS-22	0,8421	0,7895	0,7368	0,8684	0,8684	0,7632	0,6842	0,5263	0,7895	0,7105	0,6842	0,7105	0,5789	0,5789	0,6579	0,9211	0,6053	0,6316	0,7368	0,6316	0,8421						
FPS-23	0,8158	0,8158	0,8421	0,8947	0,6579	0,6053	0,6053	0,6316	0,8158	0,6579	0,6316	0,7368	0,7895	0,7632	0,7895	0,8158	0,8158	<b>0,3684</b>	0,7632	0,5263	0,7105	0,5789					
FPS-24	0,8684	0,8421	0,7105	0,8421	0,7895	0,5789	0,6316	0,8158	0,8158	0,7632	0,6579	0,6842	0,5789	0,7105	0,7368	0,8947	0,6842	0,7632	0,6842	0,7368	0,6579	0,7105	0,7632				
FPS-25	0,8684	0,8158	0,7368	0,7632	0,8947	0,6842	0,7368	0,7895	0,7895	0,8684	0,7895	0,7895	0,8684	0,6053	0,6316	0,8684	0,7632	0,5789	0,7632	0,6053	0,7895	0,6316	0,7895	0,8158			
FPS-26	0,7895	0,7895	0,8947	0,9211	0,7632	0,7632	0,7895	0,7632	0,7632	0,7368	0,7368	0,6579	0,5526	0,7895	0,5789	0,9474	0,5789	0,7895	0,5789	0,6842	0,6316	0,6316	0,6579	0,5263	0,8158		
FPS-27	0,8947	0,8158	0,6579	0,8684	0,6842	0,8421	0,6579	0,6842	0,7632	0,5789	0,7895	0,7368	0,6842	0,5000	0,8158	0,7368	0,7632	0,7368	0,7895	0,6316	0,7368	0,5526	0,5263	0,7105	0,8684	0,7895	0,0000

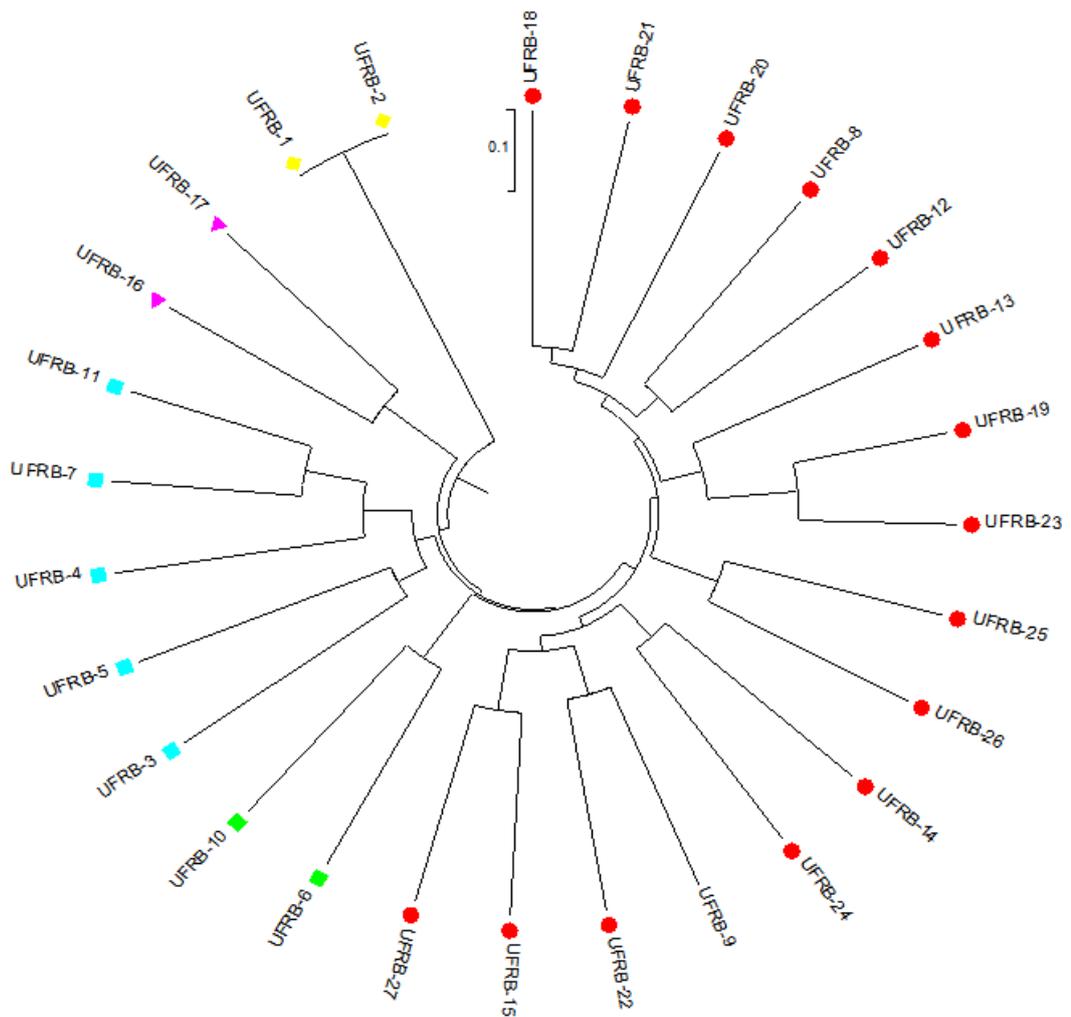


Fonte: Ricardo Moreira, 2018.

**Figura 8.** Diagrama de dispersão das áreas referentes às plantas de *Artocarpus atilis* var. *seminifera* analisado via marcadores microssatélites.

Com base na Figura 10, é possível verificar que, dentre as plantas avaliadas, FPS18, FPS21, FPS20, FPS8, FPS12, FPS13, FPS19, FPS23, FPS25, FPS26, FPS14, FPS24, FPS9, FPS22, FPS15 e FPS27, foram as que apresentaram maior similaridade entre si. Entretanto, as plantas FPS6, FPS10, FPS3, FPS5, FPS4, FPS7, FPS11, FPS16, FPS17, FPS1 e FPS2, apresentaram considerável diversidade genética quanto à análise de agrupamento com variáveis moleculares também grupos distintos entre si, sendo os mesmos mais semelhantes entre si.

Os resultados demonstram que houve divergência na coleção de fruteiras-pão var. *seminifera* da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, mostrando que as plantas são divergentes.



Fonte: Ricardo Moreira, 2018.

**Figura 9.** Dendrograma baseado no método UPGMA de 27 plantas de *Artocarpus altilis* var. *seminifera* analisados via marcadores microssatélites.

Com isso, observa-se que os resultados mostraram que os iniciadores foram eficientes nas análises de diversidade genética das plantas de fruteira-pão var. *seminifera*, apresentando diferenças e formação dos grupos. Essas diferenças são grandes, evidenciando quais são as mais próximas e distantes geneticamente.

## CONCLUSÃO

O presente estudo revelou variação genética entre as plantas de *Artocarpus altilis* var. *seminifera* avaliadas. Os resultados mostram que os marcadores microssatélites são eficientes e podem ser uma ferramenta poderosa para avaliar e

quantificar os níveis de variabilidade genética, padrões de estrutura populacional, histórico evolutivo e domesticação das espécies do gênero *Artocarpus*.

## REFERÊNCIAS

AGARWAL, M.; SHRIVASTAVA, N.; PADH, H. Advances in molecular marker techniques and their applications in plant sciences. **Plant Cell Reports**, Berlin, v. 27, p. 617-631, 2008.

BALAS, F. C.; OSUNA, M. D.; DOMÍNGUEZ, G.; PÉREZ-GRAGERA, F.; LÓPEZ-CORRALES, M. Ex situ conservation of underutilised fruit tree species: establishment of a core collection for *Ficus carica* L. using microsatellite markers (SSRs). **Tree Genetics & Genomes**, v. 10, p. 703–710, 2014.

BOTSTEIN, D.; WHITE, R. L.; SKOLMICK, H. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphism. **American Journal of Human Genetics**, v. 32, p. 314-331, 1980.

CANAL, D.; BERNARDES, C. de O.; CARVALHO, M. S.; TULER, A. C.; FERREIRA, A.; FERREIRA, M. F. da S. Diversidade genética de *Psidium guineense* em duas localidades no Espírito Santo. **Revista Univap**, São José dos Campos-SP-Brasil, v. 22, n. 40, 2016.

DE BELLIS, F. de; MALAPA, R.; KAGY, V.; LEBEGIN, S.; BILLOT, C.; LABOUISSSE, J. P. New development and validation of 50 SSR markers in breadfruit (*Artocarpus altilis*, Moraceae) by next-generation sequencing. **Applications in Plant Sciences**, v. 4, n. 8, 2016.

GARDNER, E. M.; LARICCHIA, K. M.; MURPHY, M.; RAGONE, D.; SCHEFFLER, B. E.; SIMPSON, S.; WILLIAMS, E. W.; ZEREGA, N. J. C. Chloroplast microsatellite markers for *Artocarpus* (Moraceae) developed from transcriptome sequences. **Applications in Plant Sciences**, v.3, n.9, 2015.

GIUSTINA, L. D.; ROSSI, A. A. B.; VIEIRA, F. S.; TARDIN, F. D.; NEVES, L. G.; PEREIRA, T. N. S. Variabilidade genética em genótipos de teca (*Tectona grandis* Linn. F.) baseada em marcadores moleculares ISSR e caracteres morfológicos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1311-1324, out.-dez., 2017.

GUTIÉRREZ, J. P.; ROYO, L. J.; ÁLVAREZ, I.; GOYACHE, F. MolKin v2.0: a computer program for genetic analysis of populations using molecular coancestry information. **Journal of Heredity**, v. 96, p. 718-721, 2005.

KUMAR, S.; STECHER, G.; TAMURA, K. MEGA7: molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for Bigger Datasets. **Molecular Biology and Evolution**, v.33, n.7, p.1870-1874, 2016.

LIU, H.; TAN, W.; SUN, H.; LIU, YU.; MENG, K.; LIAO, W. Development and characterization of EST-SSR markers for *Artocarpus hypargyreus* (Moraceae). **Applications in Plant Sciences**, v.4, n.12, 2016.

MURRAY, M. G.; THOMPSON, W. F. Rapid isolation of highmolecular-weight plant DNA. **Nucleic Acids Research**, v.8, p.4321-4325, 1980.

PERRIER, X.; JACQUEMOUD-COLLET, J. P. **DARwin Software**: <http://darwin.cirad.fr/darwin>. 2006.

RAO, M.N. et al. Characterizations of zygotic and nucellar seedlings from sour orange-like citrus rootstock candidates using RAPD and EST-SSR markers. **Tree Genetics and Genomes**, Florida, v.4, n.1, p.113-124, 2008.

RAGONE, D. Breadfruit. *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 10. Rome, Italy: International Plant Genetic Resources Institute. 1997. 77 p.

SACRAMENTO, C. K. do; LEITE, J. B. V.; CARVALHO, J. E. U. de; NASCIMENTO, W. M. O. do. Fruta-pão. Capítulo 9. P. 185-200. In: SANTOS-SEREJO, J. A. dos; DANTAS, J. L. L.; SAMPAIO, C. V.; COELHO, Y. da S. **Fruticultura Tropical**:

espécies regionais e exóticas. 1ª edição. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 509 p.

SEI. SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. **Estatística dos municípios baianos**, v. 13. Salvador: SEI, 2010. 382 p.

SONG, Z. P.; XU, X.; WANG, B.; CHEN, J. K.; LU, B. R. Genetic diversity in the northernmost *Oryza rufipogon* populations estimated by SSR markers. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 107, p. 1492-1499, 2003.

WITHERUP, C.; RAGONE, D.; WIESNER-HANKS, T.; IRISH, B.; SCHEFFLER, B.; SIMPSON, S.; ZEE, F.; ZUBERI, M.I.; ZEREGA, N.J.C. Development of microsatellite loci in *Artocarpus altilis* (Moraceae) and cross-amplification in congeneric species. **Applications in Plant Sciences**, v.1, n.7, 2013.

ZEREGA, N. J. C.; RAGONE, D.; MOTLEY, T. J. Complex Origins of Breadfruit (*Artocarpus altilis*, MORACEAE): Implications for Human Migrations in Oceania. **American Journal of Botany**, v. 91, n. 5, p. 760–766, 2004.

ZEREGA, N.; RAGONE, D.; MOTLEY, T. J. Breadfruit origins, diversity, and human-facilitated distribution. Capítulo 10. In: **Darwin's Harvest: New Approaches to the Origins, Evolution, and Conservation of Crops.**, Publisher: Columbia University Press, Editors: Timothy J. Motley, Nyree Zerega, Hugh Cross, p. 213-238, 2005.

ZEREGA, N.; WIESNER-HANKS, T.; RAGONE, D.; IRISH, B.; SCHEFFLER, B.; SIMPSON, S.; ZEE, F. Diversity in the breadfruit complex (*Artocarpus*, Moraceae): Genetic characterization of critical germplasm. **Tree Genetics e Genomes**, v.11, n. 4, 2015.

ZHANG, S. B.; ZHU, Z.; ZHAO, L.; ZHANG, Y. D.; CHEN, T.; LIN, J.; WANG, C. L. Identification of SSR markers closely linked to eui gene in rice. **Yi Chuan (Hereditas-Beijing)**, v. 29, n. 3, p. 365-370, 2007.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância de se caracterizar uma espécie tem como objetivo identificar e avaliar quais são os reais potenciais de utilização. A partir dessas informações, é possível conhecer melhor os fatores que podem afetar o desenvolvimento e disseminação da espécie. A fruteira-pão variedade seminífera (*Artocarpus altilis* var. *seminífera*) é uma espécie pouco difundida no Brasil, sendo escassas informações sobre estudos que proporcione uma melhor caracterização dessa espécie.

A fruteira-pão é uma planta que apresenta inúmeras qualidades, pois além do fruto e sementes serem utilizados na alimentação humana, ela também fornece benefícios para a população, onde a madeira pode ser utilizada na fabricação de cordas, esteiras, forros, instrumentos musicais, carvão, além de remédios, repelente contra insetos e na alimentação animal.

Com a crescente demanda de materiais produzidos a partir da madeira, a caracterização da anatomia e física da madeira de fruteira-pão variedade seminífera foi de grande importância, pois foi possível avaliar se a madeira da espécie estudada subsidiou o conhecimento adequando do uso da madeira. A caracterização molecular das plantas de *Artocarpus altilis* var. *seminífera* proporcionou informações precisas sobre a divergência genética da espécie, de modo que possa auxiliar no desenvolvimento de programas de melhoramento genético.