

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

**FENOLOGIA DE POPULAÇÕES DE CUTIEIRA (*Joannesia  
princeps* Vell.) E OTIMIZAÇÃO DE ROTAS PARA A  
COLHEITA DE SEMENTES**

**Cláudia de Jesus Santos**

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA**

**2016**

# **FENOLOGIA DE POPULAÇÕES DE CUTIEIRA (*Joannesia princeps* Vell.) E OTIMIZAÇÃO DE ROTAS PARA A COLHEITA DE SEMENTES**

**Cláudia de Jesus Santos**

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), 2011

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 obtenção do Grau de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

**Orientador:** Prof. (o). Dr. Edson Ferreira Duarte

**Coorientador:** Prof.(o). Dr. Elton da Silva Leite

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA**

**2016**

**FICHA CATALOGRAFICA**

C237f	<p>Santos, Cláudia de Jesus. Fenologia de populações de cutieira (<i>Joannesia princeps</i> Vell.) e otimização de rotas para a colheita de sementes / Cláudia de Jesus Santos. _ Cruz das Almas, BA, 2016. 94f.; il.</p> <p>Orientador: Edson Ferreira Duarte. Coorientador: Elton da Silva Leite.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.</p> <p>1.Euforbiacea – Fenologia. 2.Sementes florestais – Variedades. 3.Mata Atlântica (BA) – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 631.53</p>
-------	--

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB.

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

**FENOLOGIA DE POPULAÇÕES DE CUTIEIRA (*Joannesia princeps*  
Vell.) E OTIMIZAÇÃO DE ROTAS PARA A COLHEITA DE SEMENTES**

Comissão examinadora da defesa de dissertação de  
Cláudia de Jesus Santos

Aprovada em: 20 de setembro de 2016

Prof. Dr. Elton da Silva Leite  
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas – UFRB.  
(Coorientador)

Prof. Dr. Everton Luís Poelking  
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas – UFRB.  
(Examinador Interno)

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ligia Silveira Funch  
Universidade Estadual de Feira de Santana  
(Examinador Externo)

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Albertino e Clarice, pelo apoio de sempre.  
Ao meu esposo Adriano pelo incentivo e companheirismo.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo imenso amor, proteção e amparo nos momentos mais difíceis.  
Aos meus pais pelo incentivo, e por serem meu porto seguro não somente nessa jornada, mas em todas as fases da minha vida.

Minha gratidão ao meu esposo, por todo apoio, dedicação e compreensão.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Embrapa Mandioca e Fruticultura e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais (RGV), pela oportunidade de concretizar mais uma etapa.

Ao meu orientador, Prof<sup>o</sup>. Dr. Edson Ferreira Duarte, pela dedicação, paciência, ensinamentos e confiança em mim depositada.

Ao meu Coorientador Prof<sup>o</sup> Dr. Elton da Silva Leite, pelo apoio e contribuições.

A amiga Jeskar, pelo companheirismo e apoio nessa caminhada.

A minha irmã do coração, Fabrícia, pela orações e conselhos.

Aos colaboradores Lucas e Jailton, por todo auxílio e paciência.

Enfim, sou grata a todos que de alguma forma contribuíram para que o objetivo desse trabalho fosse cumprido.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE ANEXOS.....	x
LISTA DE APÊNDICES.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. O bioma Mata Atlântica.....	1
1.2. O Recôncavo e o Baixo Sul da Bahia.....	2
1.3. Fenologia reprodutiva em espécies arbóreas .....	3
1.4. Momento de colheita de sementes florestais.....	4
1.5. Rota ótima para colheita de sementes.....	5
1.6. Espécie estudada – <i>Joannesia princeps</i> Vell.....	6
2. Objetivo Geral.....	7
2.1. Objetivo específico.....	7
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	7
CAPÍTULO 1.....	13
FENOLOGIA DE POPULAÇÕES DE CUTIEIRA NA REGIÃO DO RECÔNCAVO E BAIXO SUL DA BAHIA.....	13
RESUMO.....	14
ABSTRACT.....	15
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
2.1. Área de estudo.....	18
2.2. Precipitação pluviométrica, temperatura média e fotoperíodo em cada população.....	20
2.3. Fenologia.....	21
2.4. Caracterização das plantas matrizes.....	23
2.5. Análises estatísticas.....	23
2.5.1. Correlação de Pearson.....	23
2.5.2. Análise de Estatística Circular.....	24
2.5.3. Análise Fatorial Múltipla.....	24
3. RESULTADOS.....	25
3.1. Precipitação pluviométrica e temperatura.....	25
3.2. Fenologia vegetativa.....	26
3.2.1. Brotamento e Queda foliar .....	26
3.3. Fenologia reprodutiva.....	29
3.3.1. Botões florais.....	29
3.3.2. Floração.....	29
3.3.3. Frutos imaturos.....	33
3.3.4. Frutos maduros.....	33
3.3.5. Dispersão.....	34
3.4. Análise Fatorial Múltipla (AFM) .....	35
4. DISCUSSÃO.....	36
5. CONCLUSÕES.....	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

CAPÍTULO 2.....	47
DETERMINAÇÃO DE ROTAS ÓTIMAS PARA COLHEITA DE SEMENTES CUTIEIRA.....	47
RESUMO.....	48
ABSTRACT.....	49
1. INTRODUÇÃO.....	50
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	53
2.1. Área de estudo.....	53
2.2. Otimização da colheita de sementes.....	54
2.3. Roteirização entre as populações.....	54
2.4. Roteirização entre matrizes.....	55
3. RESULTADOS.....	55
4. DISCUSSÃO.....	58
5. CONCLUSÕES.....	60
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
8. ANEXOS.....	65
9. APÊNDICES.....	68

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

- Figura 1. Distribuição das populações de *J. princeps* Vell. em municípios da Bahia – Brasil.....19
- Figura 2. Ocorrência de *Joannesia princeps* Vell. no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil. A: *J. princeps* em área de reflorestamento. B: *J. princeps* em área de cacauzeiro. Fotografias: Cláudia de Jesus Santos.....20
- Figura 3. Fenofases vegetativas e reprodutivas de *Joannesia princeps* Vell., ocorrentes no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia. A: brotamento; B: queda foliar; C: botão floral e florescimento; D: fruto imaturo; E: fruto maduro; F: fruto em dispersão. Fotografias: Cláudia de Jesus Santos.....22
- Figura 4. Precipitação pluviométrica e temperatura média mensal nas áreas das populações de *Joannesia princeps* Vell. ocorrentes no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil, de Julho de 2015 a Junho de 2016. População 1: Muritiba; População 2: Laje; População 3: Valença; População 4: Presidente Tancredo Neves.....26
- Figura 5. Fenologia vegetativa de populações de *J. princeps* Vell., ocorrentes no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil. As colunas representam a frequência populacional (%) e as linhas o índice de intensidade de Fournier (%). População 1: Muritiba; População 2: Laje; População 3: Valença; População 4: Presidente Tancredo Neves. A. Brotação; B. Queda foliar.....28
- Figura 6. Fenologia reprodutiva das fenofases de populações de *Joannesia princeps* Vell., ocorrentes no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil. As colunas representam a atividade populacional e as linhas o índice de intensidade de Fournier (%). População 1: Muritiba; População 2: Laje; População 3: Valença; População 4: Presidente Tancredo Neves. A. botões florais; B. florescimento; C. Fruto imaturo; D. Fruto maduro. E. Dispersão.....30
- Figura 7. Histograma circular da frequência de ocorrência mensal das fenofases reprodutivas de *Joannesia princeps* Vell. em quatro populações no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil, de julho/2015 a junho/2016. População 1: Muritiba; População 2: Laje; População 3: Valença; População 4: Presidente Tancredo Neves. A. botões florais; B. florescimento; C. Fruto imaturo; D. Fruto maduro. E. Dispersão.....31
- Figura 8. Análise fatorial múltipla das populações de *Joannesia princeps* Vell., ocorrentes no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil.....35

### Capítulo 2

Figura 1. Mapa de localização e precipitações anuais das populações de <i>Joannesia princeps</i> Vell.....	53
Figura 2. Fluxograma de ferramentas para roteirização da malha viárias entre populações de <i>Joannesia princeps</i> Vell.....	55
Figura 3. Mapa de representação da malha viária entre as populações de <i>Joannesia princeps</i> Vell a partir da UFRB.....	56
Figura 4. Mapa de otimização de rota das áreas das populações de <i>Joannesia princeps</i> Vell. ocorrentes nas regiões do Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil .....	57
Figura 5. Mapas de otimização de rota entre as matrizes das áreas de <i>Joannesia princeps</i> Vell.....	58

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

Tabela 1. Análises de correlação simples de Pearson (rp) entre as variáveis climáticas (precipitação e temperatura) dos três meses anteriores ao maior índice de intensidade de Fournier das fenofases vegetativas e reprodutivas das populações de *Joannesia princeps* Vell., ocorrentes no Recôncavo da Bahia, Brasil.....28

Tabela 2. Análise descritiva circular de ocorrência das fenofases de *Joannesia princeps* Vell. m populações no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil, durante o período de julho/2015 a junho/2016.....32

**LISTA DE ANEXOS**

ANEXO A. Ficha de marcação de árvores matrizes de <i>Joannesia princeps</i> Vell., ocorrentes no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil.....	66
ANEXO B. Ficha de avaliação fenológica de árvores matrizes de <i>Joannesia princeps</i> Vell., ocorrentes no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil.....	67

## LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A. Relação da marcação das matrizes nas populações estabelecidas de <i>Joannesia princeps</i> Vell., de ocorrência no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia. .....	69
APÊNDICE B. Dados de fenologia das árvores marcadas de <i>Joannesia princeps</i> Vell. de ocorrência no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil. Mat (Matriz); Alt. (m) : (Altitude); AA (m): Altura Aproximada do Fuste; Altura Aproximada: AAF (m); DAP (m): Diâmetro à altura do Peito; DC (m): Diâmetro de Copa; Veg.: Vegetação; FC: Forma da Copa; FT: Forma do Tronco; Solo: Lat: Latossolo; Argi: Argisolo.....	70
APÊNDICE C. Mapas com médias mensais de temperatura e pluviometria para as regiões das populações de <i>Joannesia princeps</i> Vell. ocorrentes no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil, pelo o método geoestatístico de krigagem.....	73
APÊNDICE D. Mapas de localização das populações e matrizes de <i>Joannesia princeps</i> Vell. ocorrentes no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil: população 1 (Muritiba), população 2 (Laje), população 3 (Valença), população 4 (Presidente Tancredo Neves).....	76

## **FENOLOGIA DE POPULAÇÕES DE CUTIEIRA (*Joannesia princeps* Vell.) E OTIMIZAÇÃO DE ROTAS PARA A COLHEITA DE SEMENTES**

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi estudar a fenologia e a otimização de rotas para acessar populações de cutieira (*Joannesia princeps* Vell.), visando contribuir para o estabelecimento de um programa de colheita de sementes. Foram avaliados 84 indivíduos (julho de 2015 a junho de 2016) distribuídos em quatro populações nos municípios de Muritiba, Laje, Valença e Presidente Tancredo Neves, no estado da Bahia, Brasil. As matrizes foram visitadas mensalmente para avaliação do brotamento foliar, queda foliar, botões florais, floração, frutos imaturos, frutos maduros e dispersão. Para verificar o comportamento fenológico da espécie, foi utilizado o índice de atividade e o índice de intensidade de Fournier. Também foi realizada a correlação entre as fenofases e a precipitação e temperatura dos três meses anteriores. Utilizou-se os programas Arcgis 10.4 e Matlab para obtenção da rota ótima. As populações mantiveram os padrões fenológicos sincronizados e sazonais para fenofases reprodutivas. As fenofases não foram pouco influenciadas pelas variáveis climáticas, já que o clima das regiões de estudo não apresentou variações intensas. Foi traçado a rota ótima para acesso entre as populações e entre indivíduos de *J. princeps*. Os resultados podem contribuir para traçar estratégias de colheita de sementes florestais.

Palavras-chave: Mata Atlântica, rota ótima, sementes florestais

## PHENOLOGY CUTIEIRA OF POPULATIONS (*Joannesia princeps* Vell.) AND ROUTES OF OPTIMIZATION FOR SEED HARVEST

**ABSTRACT:** The aim was study the phenology and the roads optimized to have access of populations of cutieira (*Joannesia princeps* Vell.) to contribute for establish programs of seed harvest. It was evaluated 84 plants (from July of 2015 to June of 2016) of four populations of Muritiba, Laje, Valença and Presidente Tancredo Neves municipalities. The plants were visited monthly to evaluate the leaves' shoot, the fall of leaves, the flowers buds, the immature fruits, the mature fruits and the dispersal. To verify the phenological behavior of specie was used the index of activity and the intensity index of Fournier. Also was made the correlation between phenological phases and the climatic variables (rain and temperature) from three months before. Was used the Argis 10.4 and Matlab softwares to obtain the optimized roads. The populations maintained phenological synchronic patterns and seasonal patterns to reproductive characteristics because the regions of populations no presented great variations. It was draw the optimized roads between populations and plants of *J. princeps*. The results can contribute to establish strategies to harvest forest's seeds.

**Keywords:** Atlantic rainforest, optimized roads, forest's seeds.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. O bioma Mata Atlântica

A Mata Atlântica apresenta uma variedade de formações vegetacionais, consistindo em um conjunto de ecossistemas florestais com estruturas e composições florísticas diferenciadas, acompanhando as características ambientais da região onde ocorre. Está entre as cinco regiões que apresentam os elevados índices de endemismo de plantas vasculares e vertebrados, que mesmo com a fragmentação estima-se a existência de aproximadamente 20.000 espécies, sendo 35% endêmicas (MMA, 2016).

As mudanças que tem ocorrido nas florestas implicam na formação de paisagens com menores extensões e fragmentadas, e conseqüentemente pobres em espécies (Calegari *et al.*, 2010). As mudanças do clima também têm contribuído para o desaparecimento de espécies, além disso, os resquícios florestais impedem o deslocamento e povoamento de espécies importantes para a manutenção das populações (Tabarelli *et al.*, 2005).

A Mata Atlântica originalmente possuía mais de 1.300.000 km<sup>2</sup> (Guedes; Seehusen, 2011). Mesmo com a devastação sofrida ao longo dos anos, representa algo em torno dos 36% da grande diversidade brasileira. As perdas ocorrentes nesse bioma provocaram mudanças em todo ecossistema, visto que cada espécie desempenha um papel fundamental no habitat em que está inserida (Campanili; Schaffer, 2010).

A preservação e recomposição da Mata Atlântica requerem noções sobre a vasta riqueza desse bioma, que prossegue sofrendo interferência humana. Muitas ações vêm sendo desenvolvidas para preservar a floresta, porém, há muito o que projetar e simplificar para que sejam desenvolvidas por todos, por se tratar de um patrimônio que exige esforço coletivo (Rodrigues *et al.*, 2009).

## 1.2. O Recôncavo e o Baixo Sul da Bahia

O Recôncavo da Bahia é uma região geográfica localizada em torno da Baía de Todos os Santos, abrangendo a Região Metropolitana de Salvador, onde está a capital do Estado da Bahia. Integram também essa região, os municípios de Conceição do Almeida, Sapeaçu, Cruz das Almas, Santo Antônio de Jesus, Salinas da Margarida, Muniz Ferreira, Nazaré, São Felipe, Dom Macedo Costa, Governador Mangabeira, Muritiba, Cachoeira, São Félix, Maragojipe, Santo Amaro, Saubara, Conceição do Jacuípe, Terra Nova, Amélia Rodrigues, Laje, Teodoro Sampaio, Candeias, Simões Filho, Catu, São Francisco do Conde e São Sebastião do Passe (CAR, 1999).

A ocupação humana, após o início da colonização no Brasil tem reduzido progressivamente as áreas naturais de Mata Atlântica, pois essa região foi uma das mais expressivas na produção agrícola baiana desde o período colonial até décadas recentes. É reconhecida como berço da agricultura brasileira, sendo a primeira região de exploração agrícola para exportação, baseadas inicialmente na cana-de-açúcar, posteriormente nos ciclos de cultivos de algodão, café, fumo e citros. A vegetação original foi paulatinamente substituída pelas atividades econômicas, cedendo espaço para a cana, fumo, exploração de madeira, café, citros, além da cacauicultura, do dendê e das culturas de subsistência. A pecuária só passou a ser explorada anos depois (Santos *et al.*, 2009).

O Baixo Sul da Bahia é integrante da Região Sul englobando 11 municípios, sendo: Cairu, Camamu, Igrapiúna, Ituberá, Maraú, Nilo Peçanha, Piraí do Norte, Presidente Tancredo Neves, Taperoá, Teolândia e Valença. Esses municípios ainda podem ser subdivididos de acordo com os núcleos de influência que estão inseridos, como por exemplo: Os municípios litorâneos fazem parte da Costa do Dendê (Cairu, Taperoá, Camamu, Igrapiúna, Ituberá, Nilo Peçanha e Valença), sendo influenciados por Valença. Os municípios vizinhos a BR 101 (Piraí do Norte, Teolândia e Presidente Tancredo Neves) são influenciados por Gandu, os demais estão mais ligados a Ubaitaba (Ficher, 2007).

O Baixo Sul da Bahia pertence à formação florestal Mata Atlântica. A devastação deste bioma tão importante vem acontecendo a passos largos, e

no Baixo Sul não é diferente. Vários elementos estão ligados a redução da floresta dentre os quais se destacam a extração desordenada e retirada de madeira. Culturas como coco, dendê e a piaçava são de ocorrência natural na região e, portanto, são fortemente exploradas. A cacauicultura também era muito forte, porém a crise impulsionou a substituição de grande parte dessas áreas por novas culturas como cravo, guaraná e seringa, aumentando o desmatamento. Com tudo isso, a Mata Atlântica ainda representa um importante recurso para a região do Baixo Sul (Rocha, 2007).

### **1.3. Fenologia reprodutiva em espécies arbóreas**

Nos últimos anos, vários estudos fenológicos foram realizados em Mata Atlântica indicando um avanço no conhecimento das espécies nativas (Fisch *et al.*, 2000; Talora; Morellato 2000; Pereira *et al.*, 2008; Rubim *et al.*, 2010; Mazza *et al.*, 2011; Pereira; Tonini, 2012). Mas, levando em consideração as ações antrópicas sofridas por esse bioma, faz-se necessário que os estudos colaborem para a compreensão do desenvolvimento reprodutivo e regenerativo das espécies como forma de auxiliar os programas de restauração ecológica (Pereira *et al.*, 2008).

A compreensão dos padrões fenológicos, comportamento anual e as relações das fenofases com as variações ambientais, fornece informações para um manejo adequado e preservação de recursos genéticos (Andreis *et al.*, 2005; Vieira; Carvalho, 2009), bem como, entender os processos de adequação e evolução de espécies em certo ambiente (Felippi *et al.*, 2015).

Avaliações da época com maior sincronia dentro da população e a intensidade de frutificação e amadurecimento, podem contribuir para a colheita de sementes, tendo em vista a preservação *ex situ* e melhoramento genético (Vieira; Carvalho, 2009). Esse conhecimento pode ser utilizado em diversas áreas, proporcionando a determinação de estratégias de colheita de sementes e disponibilidade de frutos, o que afetará a qualidade e quantidade de sementes em dispersão (Mariot *et al.*, 2003).

Para planejar a escolha de materiais com características superiores para o melhoramento, é fundamental que haja variabilidade genética acessível, gerando variedades de interesse (Silva *et al.*, 2011). A variação dentro da

população é um dos fatores que contribuem para que a seleção de caracteres ocorra de maneira favorável (Santos *et al.*, 2009). Mas, pouca variabilidade pode ser esperada entre plantas da mesma espécie e com estágio evolutivo adiantado, ou seja, a tendência de uma mesma população é apresentar o mesmo suporte genético (Junqueira *et al.*, 2010).

Variações fenotípicas podem sofrer ação de fatores ambientais não regulados (solo, clima, ações antrópicas, tempo de vida das plantas) e diferenças genéticas entre plantas. As mudanças entre populações também são influenciadas por fatores do ambiente. Dessa forma, pesquisas relacionadas a variabilidade são extremamente importantes na coordenação de planos de conservação, levando em consideração a ação humana no habitat natural (Ganga *et al.*, 2010).

Estudos referentes as variações que ocorrem entre e dentro de populações, são determinantes para o desenvolvimento de programas de colheitas de sementes para fins de melhoramento genético. Segundo Gonçalves *et al.* (2010), a exploração descontrolada sem planejamento adequado de conservação para colheita de sementes, limita a dispersão, reduzindo a perpetuação, recuperação natural e a variabilidade da espécie.

Em estudos fenológicos de espécies arbóreas da Mata Atlântica o índice de atividade de cada evento fenológico é considerado assincrônico quando for menor que 20% das plantas exibindo determinada fenofase, é considerado pouco sincrônico ou de sincronia baixa quando, entre 20-60% das plantas exibirem a fenofase, considera-se intermediária quando a sincronia for alta, mais que 60% dos indivíduos deverão apresentar a fenofase (Bencke; Morellato, 2002a).

Para observações fenológicas em espécies florestais, geralmente tem sido utilizado dois métodos de avaliação: 1) quantitativo, delimitando a presença ou ausência da fenofase observada e 2) semiquantitativo, aplicando categorias de quantificação que avaliam a intensidade de ocorrência do evento fenológico em cada planta, utilizando de cinco escalas de quantificação (0 a 4), com intervalo de 25% (Bencke; Morellato, 2002b; Talora; Morellato 2000; Nogueira *et al.*, 2013).

#### **1.4. Momento de colheita de sementes florestais**

Na colheita de sementes de espécies florestais deve ser considerado o momento que as sementes atingem a maturidade fisiológica (Vieira *et al.*, 2001), a partir desse estágio, não ocorrem aumentos expressivos na massa seca das sementes (Terasawa *et al.*, 2009).

A maturidade fisiológica é o momento de melhor qualidade fisiológica das sementes, a qual é acompanhada por alterações visíveis no aspecto externo dos frutos e das sementes (Piña-Rodrigues; Aguiar, 1993). Colher no momento adequado é essencial para adquirir sementes de melhor qualidade e com maior rendimento (Smiderle; Dias, 2008).

Em contrapartida, o atraso da colheita a partir da maturidade pode afetar negativamente a qualidade da semente devido à sua exposição a condições muitas vezes adversas do ambiente (Terasawa *et al.*, 2009).

### **1.5. Rota ótima para colheita de sementes**

Ao se tentar chegar a uma rota ótima para colheita de sementes, pode se fazer uma analogia ao problema do caixeiro viajante para o qual também a determinação do percurso economicamente mais viável se constitui um dos problemas clássicos. Esse problema vem sendo estudado com profundidade, por meio de eficientes algoritmos de tempo polinomial, entre eles o algoritmo de Dijkstra (Dijkstra, 1959).

Esse algoritmo objetiva encontrar a menor rota, tendo um referencial de partida, percorrendo todos os pontos (Sampaio; Yanasse, 2004), interligando cada um deles, traçando o caminho mais curto (Zhan, 1997).

A roteirização é atividade fundamental no setor logístico, por auxiliar no conhecimento de todas as rotas possíveis, onde a aplicação do algoritmo permite a otimização do transporte. Esse suporte pode contribuir para a colheita de sementes de plantas matrizes, traçando o percurso mais curto tanto entre estradas quanto entre as árvores, facilitando o deslocamento e o trabalho com menores custos.

Segundo Peske *et al.* (2006), as plantas matrizes integrantes dos programas de melhoramento, contribuem no desenvolvimento de cultivares superiores. Diante de tal importância, torna-se essencial o planejamento das

rotas de colheita de sementes, afim de facilitar o acesso as matrizes de forma rápida e econômica.

### **1.6. Espécie estudada – *Joannesia princeps* Vell.**

A espécie arbórea *Joannesia princeps* Vell. vulgarmente conhecida como cutieira, boleira, dandá, andá-açu, pertencente à família Euphorbiaceae, apresenta ocorrência natural na Mata Atlântica. Sua madeira é usada para produção de palitos de fósforo, celulose, canoas e caixotaria entre outros usos. Também é utilizada como medicinal, devido às propriedades laxativas de suas sementes. Entretanto o consumo excessivo destas tem propiciado quadros clínicos de envenenamento. Enquanto o óleo produzido pelas sementes já foi avaliado com sucesso para a produção de biodiesel (Nishioka; Escalante, 1997; Lorenzi, 2002; Sousa *et al.*, 2007; Dwivedi *et al.*, 2011).

A árvore pode atingir 20 m de altura, troncos com aproximadamente 60 cm de diâmetro, folhas digitadas entre 3 a 5 folíolos, podendo atingir 20 cm de comprimento (Silva; Lemos, 2002).

A cutieira é muito utilizada em áreas de reflorestamento, não sendo indicada na arborização urbana devido ao peso dos frutos (Carvalho, 2005). A importância da utilização na restauração de áreas degradadas se dá devido ao seu crescimento rápido, além da quantidade de serapilheira depositada ao solo e de fácil decomposição, fornecendo matéria orgânica indispensável na melhoria da fertilidade (Gama-Rodrigues; Barros, 2002; Jaramillo-Botero, *et al.*, 2008).

A espécie pode ser usada na produção de celulose, por apresentar fibra curta de qualidade, com teores desse componente de aproximadamente 50%, podendo ser empregada na confecção de papel (Barrichelo; Foelkel, 1975). Destaca-se também, por apresentar provável efeito alelopático, podendo ser utilizada como fonte de matéria prima na farmacologia (Capobiango *et al.*, 2009). Apesar de sua importância econômica, ambiental e farmacológica não foram encontrados estudos e informações que permitam a adequada produção de sementes de *J. princeps*. Pois foram verificados na literatura apenas estudos de fitossociologia, de relações planta-inseto, de composição das sementes e uso da espécie em Sistemas Agroflorestais e informações

silviculturais (Santos *et al.*, 1988; Lopes *et al.*, 2002; Fontenelle *et al.*, 2012; Waibel *et al.*, 2003; Jaramillo-Botero *et al.*, 2008; Ramalho, 2005).

## 2. Objetivo Geral

Estudar a fenologia e a otimização de rotas para acessar populações de cutieira (*Joannesia princeps* Vell.), ocorrente em áreas remanescentes de Mata Atlântica no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, visando contribuir para o estabelecimento de um programa de colheita de sementes.

### 2.1. Objetivo específico

- 1- Avaliar a fenologia de matrizes de *Joannesia princeps* Vell. na região do Recôncavo e Baixo Sul da Bahia.
- 2- Determinar rotas ótimas para a colheita de sementes.

## 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREIS, C. *et al.* Estudo fenológico em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no município de Santa Tereza, RS, Brasil. *Revista Árvore*, v.29, n.1, p.55-63, 2005.

BARRICHELO, L. E. G.; FOELKEL, C. E. B. Utilização de madeiras de essências florestais nativas na obtenção de celulose: bracatinga (*Mimosa bracatinga*), embaúba (*Cecropia* sp.), caixeta (*Tabebuia cassinoides*) e boleira (*Joannesia princeps*). IPEF, n. 10, p. 43-56, 1975.

BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, P. C. Estudo comparativo de fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 2, p. 237-248, 2002a.

BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, P. C. Comparação de dois métodos de avaliação fenológica de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 3, p. 269-275, 2002b.

CALEGARI L.; MARTINS S. V.; GLERIANI, J. M., SILVA, E.; BUSATO L. C. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, v.34, n.5, p.871-880. 2010.

CAMPANILI, M. C.; SCHAFFER, W. B. **Mata Atlântica**: manual de adequação ambiental. Brasília: MMA/SBF, 2010,96 p.; Il. color. (Série Biodiversidade, 35).

CAPOBIANGO, R.I A.; VESTENA, S.; BITTENCOURT, A. H. C. Alelopatia de *Joanesia princeps* Vell. e *Casearia sylvestris* Sw. sobre espécies cultivadas. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 19, n. 4, p. 924-930, 2009.

CAR, COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO E AÇÃO REGIONAL. **Recôncavo Sul**: perfil regional. Programa de Desenvolvimento Regional Sustentável – PDRS: Salvador, 1999,174 p. (Série Cadernos CAR, 25).

CARVALHO, P. E. R. **Boleira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005, 9p. (Embrapa Florestas, Circular Técnica, 105).

DIJKSTRA, W., A note on two problems in connection with graphs. *Numerische Mathematik*, v.1, p. 269 – 271, 1959.

DWIVEDI, G.; JAIN, S.; PAL SHARMA, M. Pongamia as a source of biodiesel in India. **Smart Grid and Renewable Energy**, v. 2, p. 184-189, 2011.

FELIPPI, M.; ARAÚJO, M. M.; LONGHI, S. J.; LUCIO, A. D. Fenologia reprodutiva e qualidade das sementes de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. **Ciência Rural**, v. 45, n. 12, p. 2137-2142, 2015.

FICHER, F. *et al.* **Baixo Sul da Bahia**: uma proposta de desenvolvimento territorial. Salvador: CIAGS/UFBA, 2007, 224 p. il. (Coleção Gestão Social - Série Editorial CIAGS).

FISCH, S. T. V.; NOGUEIRA JR, L. R.; MANTOVANI, W. Fenologia reprodutiva de *Euterpe edulis* Mart. na Mata Atlântica (Reserva ecológica do Trabiju, Pindamonhangaba – SP). **Revista Biociências**, v.6, n.2, p.31-37, 2000.

FONTENELLE, J. C. R.; VIANA-SILVA, F. E. C.; MARTINS, R. P. D. Use of plant resources by *Merosargus* (Díptera, Stratiomyidae, Sarginae) larvae. **Psyche**, v. 2012, p. 1-10. 2012.

GAMA-RODRIGUES, A. C. da; BARROS, N. F. de. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no Sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Árvore**, v. 26, n. 2, p. 193-207, 2002.

GANGA, R. M. D.; FERREIRA, G. A.; CHAVES, L. J.; NAVES, R. V.; NASCIMENTO, J. L. Caracterização de frutos e árvores de populações naturais de *Hancornia speciosa* Gomes do Cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 101-113, 2010.

GONÇALVES, A. C.; REIS, C. A. F.; VIEIRA, F. A.; CARVALHO, D. de. Estrutura genética espacial em populações naturais de *Dimorphandra mollis*

(Fabaceae) na região norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.33, n.2, p.325-332, 2010.

GUEDES, F. B.; SEEHUSEN, S. E (Orgs). **Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios**. 2.ed. Brasília: MMA, 2011, 272 p: il. color. (Série Biodiversidade, 42).

JARAMILL-BOTERO, C.; SANTOS, R. H. S.; FARDIM, M. P.; PONTES, T. M.; SARMIENTO. Produção de serrapilheira e aporte de nutrientes de espécies arbóreas nativas em um sistema agroflorestal na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 869-877. 2008.

JUNQUEIRA, K. P.; FALEIRO, F. G.; BELLON, G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FONSECA, K. G.; LIMA, C. A.; SANTOS, E. C. Variabilidade genética de acessos de pitaya com diferentes níveis de produção por meio de marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol.32, n.3, p.840-846, 2010.

LOPES, W. P.; SILVA, A. F.; SOUZA, A. L.; MEIRA NETO, J. A. A. Estrutura fitossociológica de um trecho de vegetação arbórea no Parque Estadual do Rio Doce – Minas Gerais, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 16, n. 4, p. 443-456, 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. v. 1, Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002a, 368 p.

MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Mata Atlântica**. Portal biomas brasileiros. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta;idEstrutura=72;idMenu=3646>> Acesso em 27 de julho de 2016.

MARIOT, A.; MANTOVANI, A.; REIS, M. S. Uso e conservação de *Piper cernuum* Vell. (Piperaceae) na Mata Atlântica: I. Fenologia reprodutiva e dispersão de sementes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 5, n. 2, p. 1- 10, 2003.

MAZZA, M. C. M.; SANTOS, J. E.; MAZZA, C. A. S. Fenologia reprodutiva de *Maytenus ilicifolia* (Celastraceae) na Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.34, n.4, p.565-574, 2011.

NISHIOKA, S.A.; ESCALANTE, R. D. Poisoning by intestion of seeds of the fruit of “cotieira” (*Joannesia princeps*). **São Paulo Medical Journal**, n. 115, v. 1, p. 1366-1367, 1997.

NOGUEIRA, F. C. B.; PACHECO FILHO, A. J. S.; GALLÃO, M. I.; BEZERRA, A. M. E.; MEDEIROS FILHO, S. Fenologia de *Dalbergia cearensis* Ducke (Fabaceae) em um fragmento de floresta estacional, no Semiárido do Nordeste, Brasil. **Revista Árvore**, v.37, n.4, p.657-667, 2013.

PEREIRA, M. R. N.; TONINI, H. Fenologia da andiroba (*Carapa guianensis*, Aubl, Meliaceae) no sul do estado de Roraima. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 1, p. 47-58, 2012.

PEREIRA, T. S.; COSTA, M. L. M. N. da; MORAES, L. F. D.; LUCHIARI C. Fenologia de espécies arbóreas em Floresta Atlântica da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, v. 63, n. 2, p. 329-339, 2008.

PESKE, S. T.; LUCCA FILHO, O. A.; BARROS, A. C. S. A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2.ed. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 2006, 472 p.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; AGUIAR, I. B. Maturação e dispersão de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (coords.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p. 215-274.

RAMALHO, P. E. **Boleira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005, 9 p. (Circular Técnica, 105).

ROCHA, L. "O que é o Baixo Sul: Meio ambiente no Baixo Sul". In: FICHER, F.o (Org.). **Baixo Sul da Bahia: uma proposta de desenvolvimento territorial**. Salvador: CIAGS/UFBA. p.81-85, 2007. (Coleção Gestão Social - Série Editorial CIAGS).

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (Orgs.). **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009, 264 p.: il. col.

RUBIM, P.; NASCIMENTO, H. E. M.; MORELLATO, L. P. C. Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Acta Botânica Brasília**, v. 24, n. 3, p. 756-764, 2010.

SAMPAIO, R. M.; YANASSE, H. H. Estudo e Implementação de Algoritmos de Roteamento sobre Grafos em um Sistema de Informações Geográficas. **Infocomp Journal Of Computer Science**, v. 3, n.1, 2004.

SANTOS, A. R.; LOMANTO NETO, R.; SANTOS, A. C.; SANTOS, L. G. Evolução, adubação e diagnose nutricional de pastagens no Recôncavo da Bahia. Cap. 13. In: CARVALHO, C. A. L.; DANTAS, A. C. V. L.; PEREIRA, F. A. C.; SOARES, A. C. F.; MELO FILHO, J. F.; OLIVEIRA, G. J. C. (Orgs.). **Tópicos em ciências agrárias**. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas,

2009, v.1, p. 172-181.

SANTOS, F. S.; PAULA, R. C. de.; SABONARO, D. Z.; VALADARES, J. Biometria e qualidade fisiológica de sementes de diferentes matrizes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex A. DC.) Standl. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 82, p. 163-173, 2009.

SANTOS G. P.; DOS ANJOS N.; ZANUNCIO, J. C. Biology of *Hylesia nanus* (Walker, 1885) (Lepidoptera: Attacidae), a defoliator of cutieira (*Joannesia princeps*: Euphorbiaceae). **Revista Ceres**, v. 35 n. 201, p. 479–485, 1988.

SILVA, A. V. C.; SANTOS, A. R. F.; WICKERT, E.; SILVA JÚNIOR, J. F.; COSTAR, T. S. Divergência genética entre acessos de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 572-578, 2011.

SILVA, D. B. da; LEMOS, B. S. da. **Plantas da área verde da Super Quadra**. Embrapa – Recursos Genéticos e Biotecnologia. Brasília, DF. 2002. 147 p. Disponível em:<  
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/184370/1/liv003.pdf>. Acesso em: 08 fev.2016.

SMIDERLE, O. J.; DIAS, C. T. dos S. Época de colheita e qualidade fisiológica de sementes em arroz irrigado (*Oryza sativa* cv. BRS Roraima). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 3, p. 188-194, 2008.

SOUSA, O. V.; FIORAVANTE, I. A.; YAMAMOTO, C. H.; ALVES, M. S.; DEL-VECHIO-VIERA; G.; ARAÚJO, A. L. A. Propriedades biológicas das sementes de *Joannesia princeps* Vellozo. **HU revista**, v. 33, n. 1, p. 23-27, 2007.

TABARELLI, M.; PINTO, L. P.; SILVA, J. M. C.; HIROTA, M. M.; BEDÊ, L. C. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Revista Megadiversidade**. v.1, p.132-138, 2005.

TALORA, D.C.; MORELLATO, L.P.C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, p.13-26, 2000.

TERASAWA, J. M.; PANOBIANCO, M.; POSSAMAI, E.; KOEHLER, H. S. Antecipação da colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Bragantia**, v.68, n. 3, p. p.765-773, 2009.

VIEIRA, A. H.; MARTINS, E. P.; PEQUENO, P. L. L.; LOCATELLI, M.; SOUZA,

M. G. **Técnicas de produção de sementes florestais**. Rondônia: Embrapa – CPAF, 2001, 4 p. (Embrapa – CPAF, Circular Técnica, 205).

VIEIRA, F. A.; CARVALHO, D. Maturação e morfometria dos frutos de *Miconia albicans* (swartz) Triana (melastomataceae) em um remanescente de floresta estacional semidecídua montana em Lavras, MG. *Revista Árvore*, v.33, n.6, p.1015-1023, 2009.

WAIBEL, R.; BENIRSCHKE, G.; ACHENBACH, H. Sesquioneolignans and other constituents from the seeds of *Joannesia princeps*. **Phytochemistry**, v. 62, n. 5, p. 805-811, 2003.

ZHAN, F. B. Three Fastest Shortest Path Algorithms on Real Road Networks: Data Structures and Procedures. **Journal of Geographic Information and Decision Analysis**, v.1, n.1, p. 70-82, 1997.

## **CAPITULO 1**

### **FENOLOGIA DE POPULAÇÕES DE CUTIEIRA (*Joannesia princeps* Vell.) NA REGIÃO DO RECÔNCAVO E BAIXO SUL DA BAHIA**

## **Fenologia de populações de cutieira (*Joannesia princeps* Vell.) na região do Recôncavo e Baixo Sul da Bahia**

RESUMO: O conhecimento de dados fenológicos é fundamental na compreensão dos fatores que influenciam as fenofases. Objetivou-se estudar a fenologia de populações de cutieira (*Joannesia princeps* Vell.), ocorrente em áreas remanescentes de Mata Atlântica no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil visando contribuir para o estabelecimento de um programa de colheita de sementes. Entre julho de 2015 e junho de 2016 foram avaliadas as fenofases vegetativas (brotamento e queda foliar) e reprodutivas (botões florais, floração, frutificação e dispersão) de 84 indivíduos. Os eventos fenológicos foram sincrônicos, e ocorreu sazonalidade para as fenofases reprodutivas. O brotamento e a queda foliar ocorreram durante todo período avaliado. A emissão de botões florais e a floração foram observadas na estação de baixa precipitação (setembro a novembro de 2015) e a frutificação apresentou maior frequência entre outubro de 2015 e junho de 2016, com dispersão dos frutos na estação chuvosa (fevereiro de 2016). As correlações foram significativas entre as fenofases e as variáveis climáticas (precipitação e temperatura) dos meses anteriores. A produção de sementes de cutieira ocorreu entre cinco e sete meses após o florescimento indicando um longo tempo para a formação de frutos e sementes, deixando-os relativamente sujeitos as variações do tempo.

Palavras-chave: fenofases; variáveis climáticas; frutificação.

**PHENOLOGY OF POPULATIONS OF CUTIEIRA (*Joannesia princeps* Vell.)  
IN THE REGION OF RECÔNCAVO AND BAIXO SUL OF BAHIA**

**ABSTRACT:** The knowledge of phenological data is essential to understand factors that influence the phenological phases. The aim was study the phenology of populations of cutieira (*Joannesia princeps* Vell.) that occur in remnants in Atlantic rainforest of Recôncavo and Baixo Sul of Bahia State, to contribute to establish the program of seeds harvest. Between July of 2015 and June of 2016 was evaluated the vegetative phases (shoots and leaves' fall) and reproductive (floral buds, flowering, fruits and dispersal) of 84 plants. The phenological events were synchronic and occur seasonally to reproductive phases. The rise of floral buds and the flowering were observed in the season of lower rains (September to November of 2015) the fruits phase was more frequent from October of 2015 at July of 2016, and the fruits dispersal happened in the rain season (February of 2016). The correlations between phenological phases and climatic variables (rain and temperature) of months before were significant. The production of cutieira seeds happened from five to seven months after flowers rising, showing a long time to fruits and production that permit the exposition to the variations of weather.

**Keywords:** Phenological phases; climatic variations; fructification.

## 1. INTRODUÇÃO

A fenologia estuda os acontecimentos de eventos biológicos recorrentes e a inter-relação de fatores bióticos e abióticos responsáveis pelo desencadeamento desses fenômenos dentro de uma ou várias espécies de plantas (Lieth, 1974). Nos estudos de fenologia as observações de ocorrência e duração das fenofases vegetativas (brotamento e queda foliar) e reprodutivas (floração, frutificação e dispersão), permitem esclarecer as relações existentes entre esses eventos e fatores ambientais (Fournier, 1976; Fenner 1998; Morellato, 2007).

Estudos fenológicos são importantes por auxiliar na compreensão da resposta das plantas às variações ambientais, que podem se manifestar em várias fases de vida do indivíduo, podendo apresentar efeitos rápidos nas fenofases (Rubim, 2010).

O conhecimento fenológico pode contribuir tanto para colheita de material fértil, como para estudos de reprodução de indivíduos com potencial para reflorestamento e manutenção da espécie no bioma (Biondi *et al.*, 2007). Esses estudos podem ser feitos tanto entre populações quanto entre indivíduos da mesma espécie.

Avaliações da fenologia, associadas a fatores bióticos e abióticos, podem contribuir na compreensão dos estágios de maturação de sementes dentro de um conjunto de indivíduos, visto que as alterações fisiológicas e morfológicas influenciadas pelo ambiente, são aspectos importantes que devem ser levados em consideração quando o intuito for a colheita de sementes (Felippi *et al.*, 2012a).

Estudos fenológicos são fundamentais para entendimento das relações entre variáveis ambientais e fenológicas de espécies florestais. As variações climáticas são fatores que interferem nos eventos fenológicos. Segundo

Morellato (2007), as variações sazonais que estão relacionadas com a fenologia são: a precipitação, temperatura, fotoperíodo, além de outros fatores.

A duração e intensidade das fenofases expressam a adaptação da espécie as condições ambientais propícias ou adversas ocorrentes durante os períodos fenológicos (Silva *et al.*, 2012). De acordo com os mesmos autores, estudos comparativos entre a fenologia e as variações ambientais possibilitam resultados mais precisos sobre a ação dos fatores ambientais na duração e intensidade dos eventos fenológicos acompanhados em uma população.

O comportamento fenológico é influenciado pela sazonalidade pluviométrica sincronizando os eventos de floração, maturação e dispersão de frutos (Munhoz; Felfili, 2005). Biondi *et al.* (2007) estudando a fenologia de floração e frutificação de espécies nativas, concluíram que para a maioria das espécies estudadas, a fenologia reprodutiva está associada a época de temperaturas mais elevadas, enquanto que a fase vegetativa se relacionou com os períodos de baixa precipitação e umidade.

A variação entre populações dentro de espécies florestais ocorre através de ajustes às diferentes condições edafoclimáticas, esperando-se que essas populações tenham diferentes características adaptativas. Mesmo que as populações estejam classificadas como pertencentes a mesma espécie, geralmente variam sua constituição genética, em função de sua adaptação a diferentes ambientes (Kageyama, 1987). Mas a abordagem da variação populacional não foi observada em estudos fenológicos.

Além dos fatores abióticos outros elementos podem estar associados a variações fenológicas. Segundo Fabricante *et al.* (2009), eventos fenológicos reprodutivos não são influenciados apenas pelo meio, mas também por variações da própria espécie e o estágio que se encontram. Silva *et al.* (2012), concluíram que o clima e fatores particulares da espécie, exercem ação sobre a fenologia.

O detalhamento dos padrões fenológicos vegetativos e principalmente reprodutivos de *Joannesia princeps* Vell. tem importância tanto ecológica como econômica, fornecendo subsídios para planejamento de colheita de sementes designadas a produção de mudas para recuperação de áreas degradadas. A espécie apresenta potencial para restauração ambiental devido a formação de

sua copa, com arquitetura adequada para a cobertura do solo (Silva *et al.*, 2016; Costa, 2010).

Apesar de ser uma espécie conhecida ainda são poucas as informações sobre a fenologia vegetativa e reprodutiva e a ocorrência de variações tanto a nível populacional quanto dentro da população. Diante dessa realidade os seguintes questionamentos orientaram o desenvolvimento do presente estudo: 1. Existe variação fenológica entre populações e indivíduos estudados de *J. princeps*? 2). Existe correlação entre precipitação e temperatura e as fenofases?

Assim objetivou-se avaliar a fenologia de matrizes de *J. princeps* de diferentes populações na região do Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, como base para o desenvolvimento de programas de produção de sementes florestais.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudo**

O estudo foi realizado nos municípios de Muritiba, Laje, Valença e Presidente Tancredo Neves, nas regiões do Recôncavo e Baixo Sul da Bahia (Apêndice G, Fig. 1).

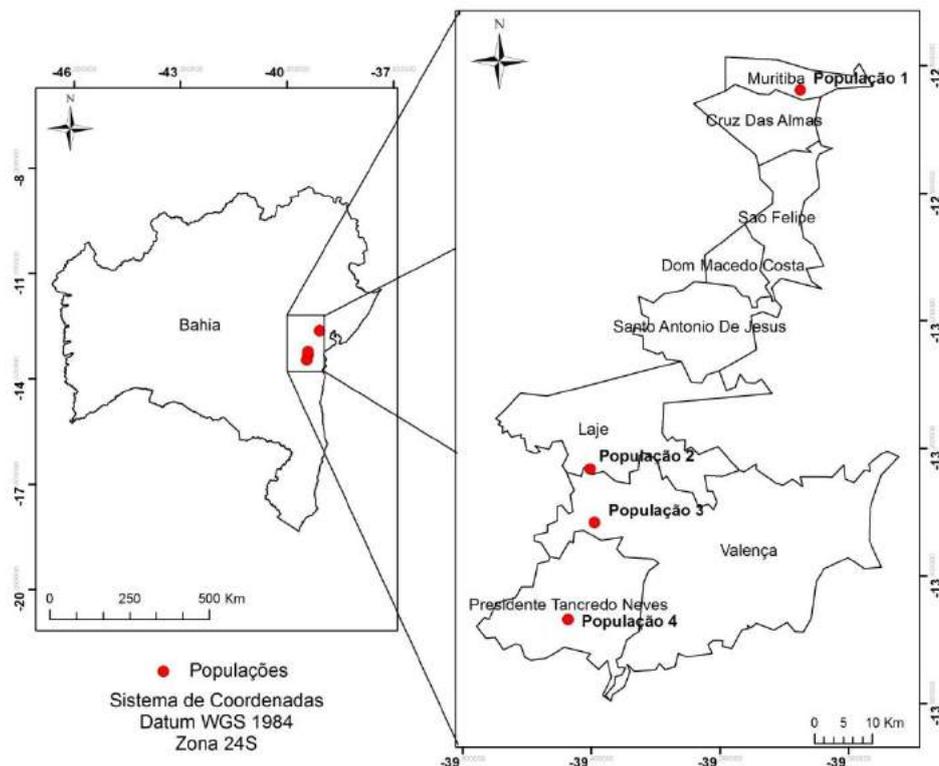


Figura 1. Distribuição das populações de *J. princeps* Vell. em municípios da Bahia – Brasil.

Foram acompanhados 25 indivíduos em Muritiba na área de reflorestamento da DANCO (Danco Comercio e Industria de Fumo LTDA) (Fig. 2A), 30 indivíduos em Laje, 14 indivíduos em Serra Grande – Valença e 15 indivíduos em Presidente Tancredo Neves (Apêndice A), sendo que as três últimas populações se encontram em áreas de propriedades agrícolas associadas a plantios de cacaueteiro, por serem usadas para o sombreamento da cultura (Fig. 2B).



Figura 2: Ocorrência de *Joannesia princeps* Vell. no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil. A: Planta em área de reflorestamento. B: Planta em área de cacauero.

Foram também feitas a caracterização do tipo de vegetação entorno das plantas matrizes, da forma volumétrica da copa (FC), da forma do fuste (FF), do tipo de solo, além da densidade de ocorrência, localização geográfica e vegetação associada.

Para a caracterização do tipo de solo usou-se a metodologia de classificação de grandes grupos descrita pela EMBRAPA, (2013). A caracterização das plantas compõe o Apêndice B.

## **2.2. Precipitação pluviométrica, temperatura média e fotoperíodo em cada população**

O clima das regiões de ocorrência das populações, segundo a classificação de Köppen para Muritiba é do tipo Am (sendo esta classificação da região de Cruz das Almas, devido a população se encontrar nas proximidades), para Laje, o clima é do tipo Af' - Tropical úmido, Valença é do tipo Af - Tropical úmido e Presidente Tancredo Neves é do tipo Af – Tropical úmido (Baptista; Oliveira, 1998).

A precipitação pluviométrica e temperatura das populações, foram determinadas usando-se dados obtidos pelo site do Instituto Nacional de

Meteorologia - INMET (INMET, 2016) das estações meteorológicas localizadas nas cidades de Valença, Cruz das Almas, Bahia, Brasil, e dos dados cedidos pela Casa Familiar Rural de Presidente Tancredo Neves e pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) de Laje.

O programa Arcgis 10.4 foi utilizado para gerar os semivariogramas por anisotropia combinada, ajustando os gráficos para regiões de maior dependência espacial para determinar valores meteorológicos. A partir desses dados foi possível confeccionar mapas (Apêndice C) mensais de variabilidade meteorológica (Guedes *et al.*, 2008).

Os dados do fotoperíodo foram calculados pela calculadora online InstaCalc (2016), com base na latitude média das populações e usando como referência o dia Juliano.

### **2.3. Fenologia**

O acompanhamento fenológico foi realizado mensalmente entre julho de 2015 e julho de 2016, utilizou-se uma ficha para o acompanhamento fenológico de cada planta (Anexo B), apresentando as seguintes variáveis:

-Brotamento – avaliada quando iniciou o surgimento de brotos no topo dos ramos (Fig. 3A).

-Queda foliar – avaliado quando houve mudança na coloração das folhas para tom avermelhado e posterior queda de folíolos, sendo então observada falhas no enfolhamento da copa (Fig. 3B).

-Botão floral – avaliados quando surgiram ramos reprodutivos e que as flores ainda não estavam abertas (Fig. 3C).

-Floração – Avaliado a partir do momento em que verificou abertura das flores (Fig. 3C).

-Fruto imaturo – Avaliado a partir do momento em que se iniciou a visualização de pequenos frutos, até que estivesse totalmente desenvolvido, mas de coloração verde, verde-amarronzados e marrom-esverdeados (Fig. 3D).

-Fruto maduro – Avaliado no momento em que os frutos passaram a apresentar coloração marrom (Fig. 3E).

-Fruto em dispersão – Avaliado a partir do momento em que verificou a queda espontânea dos frutos (barocoria), dando início ao processo de dispersão (Fig. 3F).



Figura 3. Fenofases vegetativas e reprodutivas de *J. princeps* Vell., ocorrentes no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia. A: brotamento; B: queda foliar; C: botão floral e florescimento; D: fruto imaturo; E: fruto maduro; F: fruto em dispersão. Fotografias: Cláudia de Jesus Santos.

Para a determinação da sincronia de cada fenofase, foi utilizado o índice de atividade descrito por Bencke; Morellato (2002b) avaliando mensalmente a presença (S) ou ausência (N) de cada fenômeno, dividindo-se o número encontrado pelo número de indivíduos de cada população e posteriormente multiplicando-se por cem.

O índice de intensidade de Fournier foi aplicado a cada variável fenológica atribuindo-se notas de 0 a 4 com 25% de amplitude em cada uma. O índice de intensidade de Fournier foi calculado somando-se os valores individuais das notas atribuídas mensalmente às matrizes em cada fenofase, multiplicando o número total de indivíduos por quatro e posteriormente multiplicando-se por cem, com o uso da equação: [% Fournier =  $(\sum \text{Fournier} / 4$

$N) \times 100]$ , onde  $\sum$  Fournier = somatório das categorias para cada indivíduo e  $N$  = número de indivíduos da amostra (Fournier, 1974).

## **2.4. Caracterização das plantas matrizes**

Para localização das matrizes foram realizadas buscas em campo seguidas da marcação de árvores matrizes de *J. princeps* e pelo mapeamento das áreas de ocorrência, registrando-se os pontos geográficos com GPS, por meio de um receptor Garmin Etrex e com o Sistema de Informações Geográficas (SIG). As imagens foram obtidas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (INPE, 2016) para a definição das linhas de cotas.

A escolha das arvores matrizes foi feita de forma aleatória de acordo com a disponibilidade dos locais.

Em cada matriz foram mensurados variáveis dendrométricas como, altura total da árvore e altura do fuste, com auxílio do equipamento Hypsomêtro (TruPulse 200 Rangefinder), a forma do fuste, a forma e o diâmetro da copa e o diâmetro a altura do peito (DAP) (Apêndice B).

O diâmetro a altura do peito (DAP) foi mensurado com fita métrica a cerca de 1,30 cm do solo. Todos os dados foram anotados em Ficha de Marcação de Matriz (Anexo A).

O diâmetro da copa (DC) foi obtido com auxílio de fita métrica, tomando-se duas medidas perpendiculares da projeção da copa, após somou-se esses valores e dividiu por 2, resultando assim em um diâmetro médio da copa.

## **2.5. Análises estatísticas**

### **2.5.1. Correlação de Pearson**

Para cada população, foi realizada a correlação de Pearson para a frequência populacional relativa e da intensidade de Fournier em cada fenofase com as precipitações, temperaturas e o fotoperíodo de três meses anteriores a ocorrência do mês máximo de cada fenofase, para avaliar a influência dos eventos climáticos no desenvolvimento da espécie.

O coeficiente de Correlação de Pearson calcula a agregação linear entre variáveis com valores variando entre -1 e 1 (Figueiredo Filho et al., 2010).

Assim os valores indicam que quanto mais próximo da extremidade, mais perfeita é a correlação entre as variáveis, sendo que valor zero, não existe correlação.

### **2.5.2. Análise de Estatística Circular**

A análise de estatística circular foi aplicada apenas aos resultados fenológicos reprodutivos, uma vez que os resultados vegetativos ocorreram de forma quase contínua ao longo do ano. Para tanto contou-se com o auxílio do programa ORIANA (demonstração) versão 3.21 (Kovach, 2010), que converte os dias do ano (0 – 365) em graus (0 -360), para avaliar a ocorrência de sazonalidade nas fenofases estudadas, convertendo os meses do ano em ângulos.

Como as análises foram realizadas mensalmente, o ângulo de 360° foi dividido pela quantidade de meses de acompanhamento (12 meses), gerando ângulos de 30°, possibilitando o cálculo da frequência dentro de cada mês em cada fenofase.

O programa calculou o comprimento médio do vetor ( $r$ ), ângulo médio ( $\mu$ ) (convertido para data média), desvio padrão e teste de Rayleigh ( $z$ ). Esse teste indica a significância do ângulo médio do período de estudo. Para melhor compreensão dos gráficos foram utilizados os meses de estudo e não os ângulos. Esse ângulo expressa a data média da ocorrência dos eventos. O vetor  $r$  representa o nível de junção temporal da fenologia, classificando como sazonais ou agregados as fenofases superiores a 0,5 para este modelo. O teste de Rayleigh ( $z$ ) indica se os ângulos ou datas estão dispostos uniformemente ao longo do período avaliado, sendo contínuo, não há sazonalidade (Morellato *et al.* 2010).

### **2.5.3. Análise Fatorial Múltipla**

A Análise Fatorial Múltipla (AFM) foi utilizada para determinar as relações entre as características de crescimento (altura da planta, altura do fuste, DAP, diâmetro da copa, forma da copa, forma do tronco) e fenológicas de *Joannesia princeps* Vell. com as variáveis ambientais (altitude, solo e tipo de

vegetação) e a interdependência entre as variáveis fenológicas entre si e com as variáveis de crescimento e das plantas matrizes. Utilizou-se o programa estatístico R, versão 3.3.0, para gerar a AFM, considerando-se as variáveis ambientais e as de crescimento das matrizes como suplementares. Os dados foram igualados pela fórmula  $= \log(10)$ . Considerou-se como qualitativo os dados médios relacionados a fenologia de cada população e quantitativos as características das matrizes. A robustez da análise foi demonstrada pela capacidade de explicação da variação em duas dimensões (Dim 1 e Dim 2) que quando somada apresentaram valores maiores que 70%. Adicionalmente a variação de cada variável foi demonstrada pela maior distância de cada vetor (seta) a partir do centro, ou seja, quanto mais distante do centro maior a variação pode ser verificada entre as plantas e populações estudadas.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Precipitação pluviométrica, temperatura e fotoperíodo**

Os resultados das precipitações e temperaturas médias mensais do período de avaliação foram apresentadas na Figura 4. Os mapas mensais de variabilidade espacial meteorológica estão apresentados em Apêndice C. Os meses com maiores precipitações pluviométricas foram julho de 2015, ultrapassando os 300 mm na população de Presidente Tancredo Neves (4) e o mês de janeiro de 2016, com precipitação superior aos 250 mm na população de Valença (3). Verificou-se também que nas populações de Muritiba e de Laje (populações 1 e 2) a precipitação foi menor que nas populações de Valença e de Presidente Tancredo Neves (populações 3 e 4) em quase todos os meses avaliados, indicando uma tendência microrregional que pode ter efeitos sobre a fenologia reprodutiva das populações estudadas.

As temperaturas atingiram maiores valores nos meses de dezembro de 2015 e fevereiro de 2016. Mas de forma distinta da precipitação verificou-se que houve predisposição de maiores temperaturas nas populações de Laje e de Presidente Tancredo Neves (populações 3 e 4).

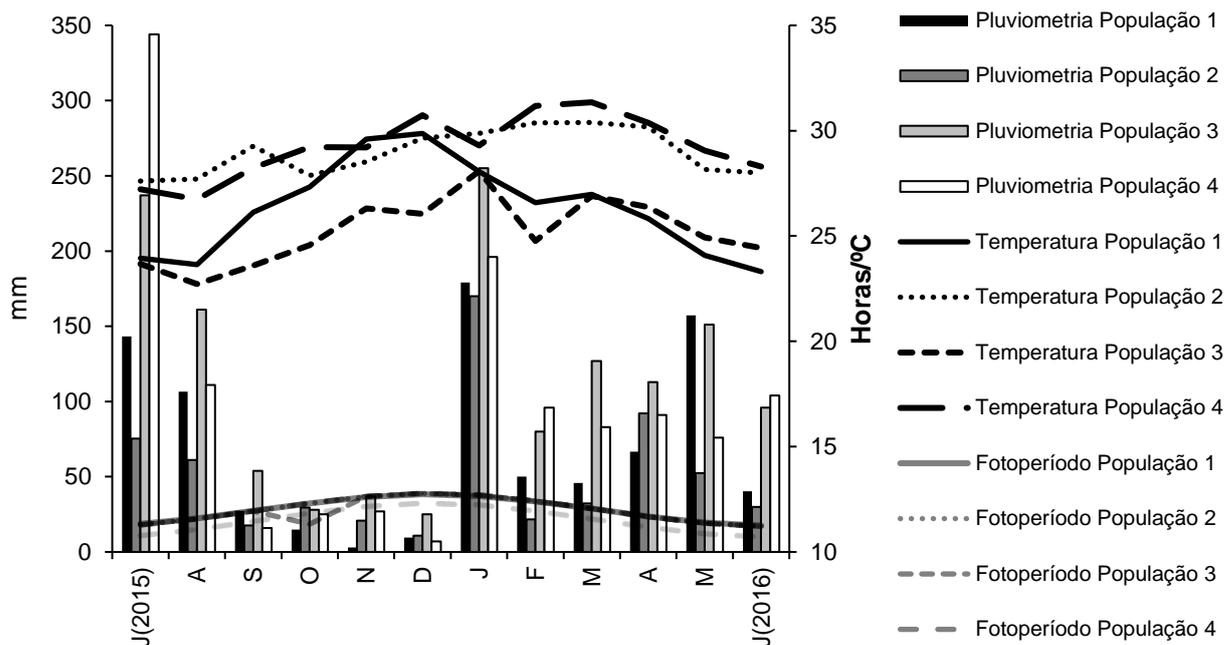


Figura 4: Precipitação pluviométrica (mm), temperatura média ( $^{\circ}\text{C}$ ) e fotoperíodo (Horas) mensal nas áreas das populações de *Joannesia princeps* Vell. ocorrentes no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil, de Julho de 2015 a Junho de 2016. População 1: Muritiba; População 2: Laje; População 3: Valença; População 4: Presidente Tancredo Neves.

De forma geral, tanto a precipitação quanto a temperatura apresentaram variações entre os locais em que ocorrem as populações estudadas, mas houve tendência de estabelecimento de uma estação chuvosa (janeiro a agosto) e de uma estação de menores precipitações (setembro a dezembro) durante o período observado. O fotoperíodo apresentou variação anual entre 11:05 horas a 12:57 horas, resultando em uma diferença de 1:55 horas entre junho e dezembro, mas com pequena variação entre as populações devido à pequena variação de latitude (Figura 4).

### 3.2. Fenologia vegetativa

#### 3.2.1. Brotamento e Queda Foliar

No presente estudo as plantas da população de Muritiba apresentaram brotamento mais intenso que as demais populações estudadas em julho de 2015 (Figura 5A). Após esse momento verificou-se brotamento em todas as populações, sem que fosse observado um único mês de maior frequência

populacional. Mas houve variação no índice de intensidade de Fournier, com brotações mais intensas entre os meses de setembro e outubro de 2015, enquanto entre os meses de julho e agosto 2015 verificou-se menores atividade de brotamento na copa das árvores das populações estudadas.

A queda foliar foi observada durante todo o período de avaliação, evidenciando alta sincronia tanto entre as populações quanto entre os indivíduos. As frequências populacionais variaram entre 44,1% a 100% ao longo dos 12 meses avaliados, porém, o índice intensidade de Fournier apresentou variações semelhantes entre todas as populações indicando os momentos de maior intensidade de queda de folhas nas copas (junho de 2016), o que auxilia na compreensão de porque nos meses entre setembro e novembro o fenômeno de queda de folhas foram menos frequentes e intensos na maioria das populações estudadas, pois já haviam poucas folhas senescentes nas plantas devido à desfolha mais intensa nos meses anteriores (Figura 5B).

A avaliação da queda de folhas com base na frequência populacional e com base no índice de intensidade de Fournier mostraram-se semelhantes ao longo do período estudado, com variações facilmente perceptíveis apenas para a população de Muritiba (População 1)

Os meses de maior sincronia para a fenofase brotamento, coincidiram com os meses de redução da precipitação pluviométrica (Figura 4). Foi verificada correlação positiva ( $r_p=0,243$ ;  $p < 0,05$ ) para o mês de maior intensidade de Fournier (outubro de 2015). Para a temperatura a correlação apesar de ser positiva foi fraca, com resultados menores que 0,50 (Tabela 1), indicando que não houve dependência direta da temperatura para o brotamento. O fotoperíodo correlacionou-se negativamente com essa fenofase no primeiro ( $r_s=-0,995$ ;  $p<0,05$ ) e segundo mês anterior ( $r_s=-0,913$ ;  $p<0,05$ ) demonstrando que o brotamento se incrementa no período em que o fotoperíodo diminui.

A correlação da queda de folhas no mês de maior índice de intensidade de Fournier (junho de 2016) mostrou-se fortemente negativa ( $r_p= -0,894$ ;  $p < 0,05$ ) com a precipitação dos dois e três meses anteriores (Tabela 1).

Tabela 1. Análises de correlação simples de Pearson (rp) entre as variáveis climáticas (precipitação, temperatura e fotoperíodo) dos três meses anteriores ao maior índice de intensidade de Fournier das fenofases vegetativas e reprodutivas das populações de *Joannesia princeps* Vell., ocorrentes no Recôncavo da Bahia, Brasil.

Fenofase	Precipitação			Temperatura			Fotoperíodo		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
Brotamento	0,243	0,102	0,131	0,461	0,391	0,268	-0,894	<b>-0,913</b>	<b>-0,995</b>
Queda foliar	<b>-0,894</b>	<b>-0,789</b>	-0,528	0,510	0,474	0,448	-0,577	0,522	0,577
Botão floral	<b>-0,990</b>	<b>-0,962</b>	-0,626	0,484	0,210	0,257	<b>0,793</b>	0,318	-0,174
Floração	-0,529	-0,399	-0,132	0,531	0,507	0,431	-0,409	<b>-0,799</b>	0,66
Fruto imaturo	0,130	-0,173	-0,233	-0,452	-0,527	-0,342	0,292	<b>0,996</b>	-0,417
Fruto maduro	0,371	0,357	0,411	0,469	0,447	0,557	<b>0,926</b>	-0,315	0,333
Dispersão	0,284	0,200	0,362	0,230	0,189	0,293	<b>0,85</b>	-0,477	0,493

1: precipitação/temperatura/fotoperíodo de um mês anterior a ocorrência do evento fenológico;  
 2: precipitação/temperatura/fotoperíodo de dois meses anteriores a ocorrência do evento fenológico;  
 3: precipitação/temperatura/fotoperíodo de três meses anteriores a ocorrência do evento fenológico.

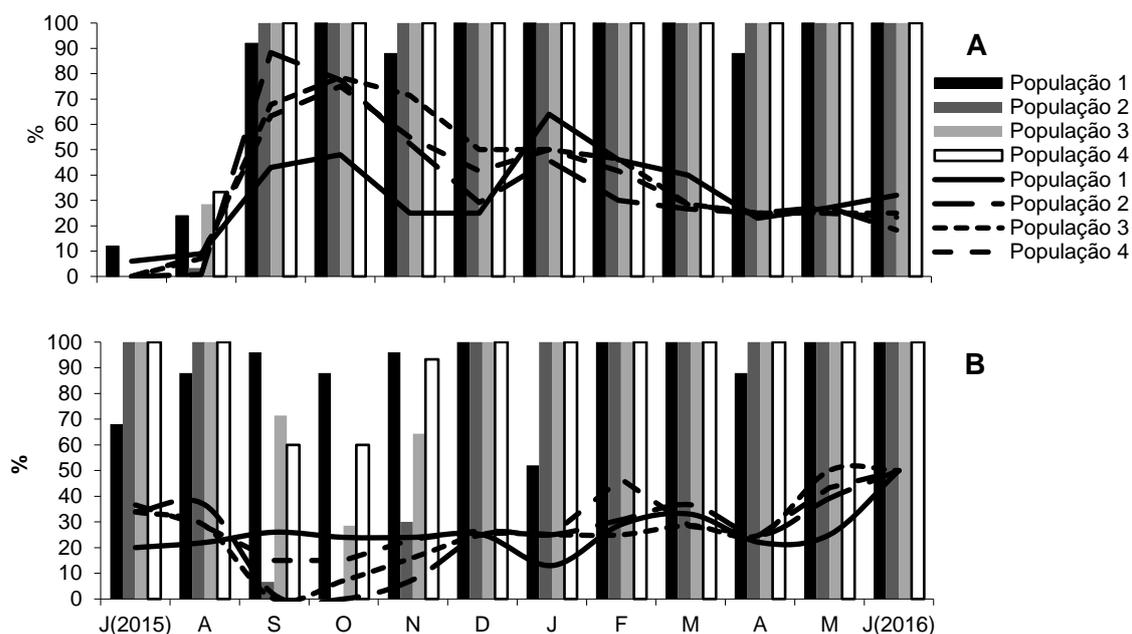


Figura 5. Fenologia vegetativa de populações de *J. princeps* Vell., ocorrentes no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil. As colunas representam a frequência populacional (%) e as linhas o índice de intensidade de Fournier (%). População 1: Muritiba; População 2: Laje; População 3: Valença; População 4: Presidente Tancredo Neves. A. Brotação; B. Queda foliar

Não é raro que algumas espécies arbóreas possam apresentar brotamento e queda de folhas velhas simultaneamente. Contudo, nas

populações de *J. princeps* estudadas houve tendência do fenômeno de brotamento apresentar maior atividade nas copas das árvores (Figura 5B) o que indica em um saldo positivo na parte vegetativa das plantas que pode resultar em incremento no crescimento durante o período estudado.

### **3.3. Fenologia reprodutiva**

#### **3.3.1. Botões florais**

A fenofase de botões florais foi sazonal e sincrônica, sendo observada entre os meses de agosto e dezembro de 2015, sendo que neste último mês apenas um indivíduo na população 1 manifestou o evento, mas a maior frequência foi observada em setembro para a maioria das populações estudadas. A população 2 apresentou 100% dos indivíduos manifestando a fenofase, enquanto que o índice de intensidade de Fournier foi 66,67% (Figura 6A).

A formação de botões florais mostrou forte correlação negativa com as precipitações do segundo ( $r_p = -0,962$ ;  $p < 0,05$ ) e do terceiro mês ( $r_p = -0,990$ ;  $p < 0,05$ ) anteriores ao de maior intensidade (setembro de 2015). Com relação a temperatura, houve correlação positiva, mas sem que houvesse uma relação direta desse aspecto ambiental com a formação dos botões florais, uma vez que as correlações se mostraram de pequena magnitude ( $r_p < 0,5$ ) (Tabela 2). O fotoperíodo correlacionou-se positivamente no terceiro mês anterior ao evento ( $r_s = 0,793$ ;  $p < 0,05$ ) indicando que ocorre efeitos da duração do dia sobre a formação de botões florais, com o aumento do fotoperíodo em um período anterior sua emissão.

O teste de Rayleigh foi altamente significativo para a formação de botões florais com comprimento médio do vetor acima de 0,5, evidenciando a sazonalidade do fenômeno. A data média (DM) para essa fenofase foi em setembro para a população 4 e em outubro nas populações 1, 2 e 3 (Figura 7A, Tabela 2).

#### **3.3.2. Floração**

A fenofase de floração foi constatada entre setembro e dezembro, com alta sincronia de 91,1% dos indivíduos de todas as populações estudadas

apresentando o fenômeno em outubro, com índice de Fournie 52,96% no mesmo período (Figura 6B).

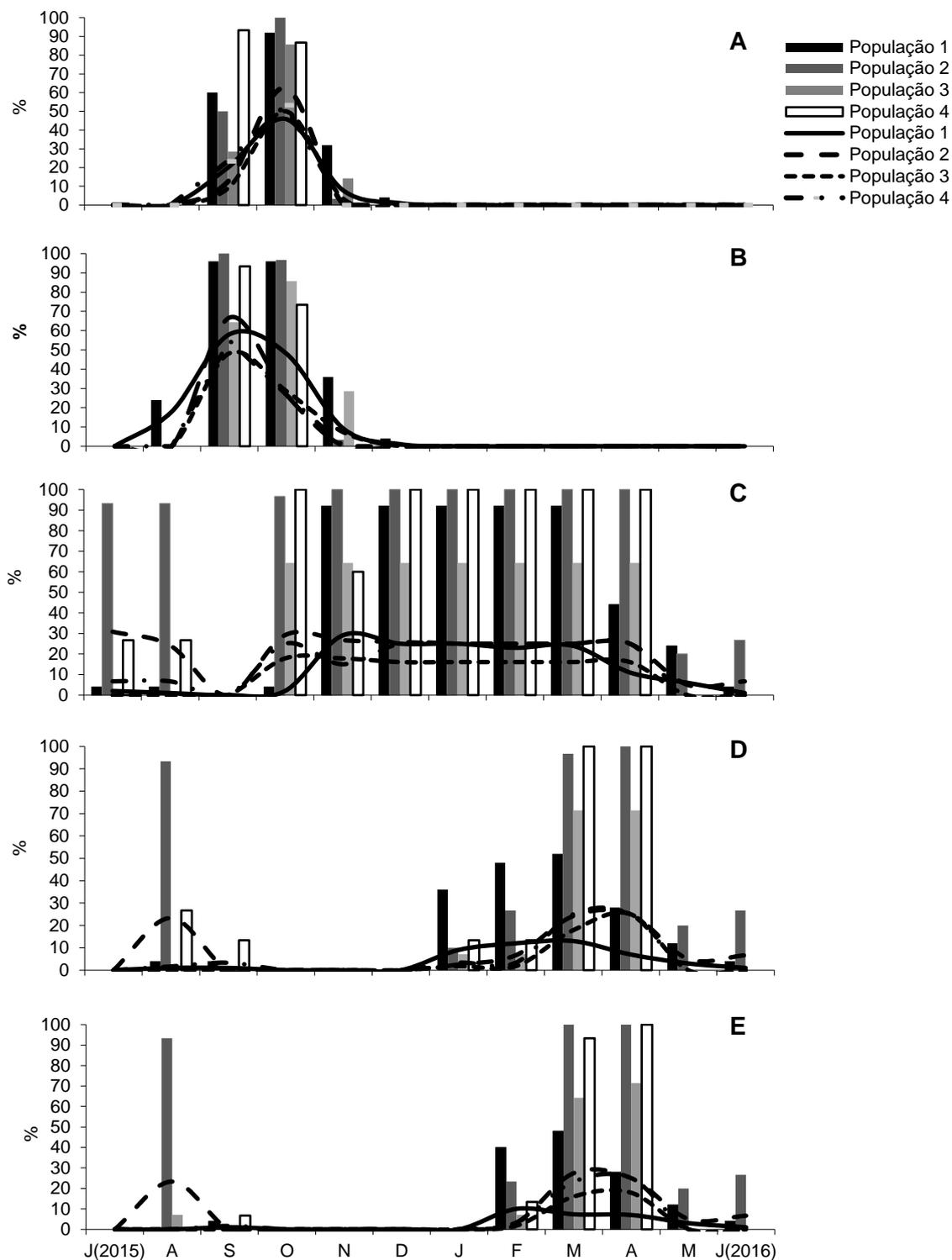


Figura 6. Fenologia reprodutiva das fenofases de populações de *Joannesia princeps* Vell., ocorrentes no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil. As colunas representam a atividade populacional e as linhas o índice de intensidade de Fournier (%). População 1: Muritiba;

População 2: Laje; População 3: Valença; População 4: Presidente Tancredo Neves. A. botões florais; B. florescimento; C. Fruto imaturo; D. Fruto maduro. E. Dispersão.

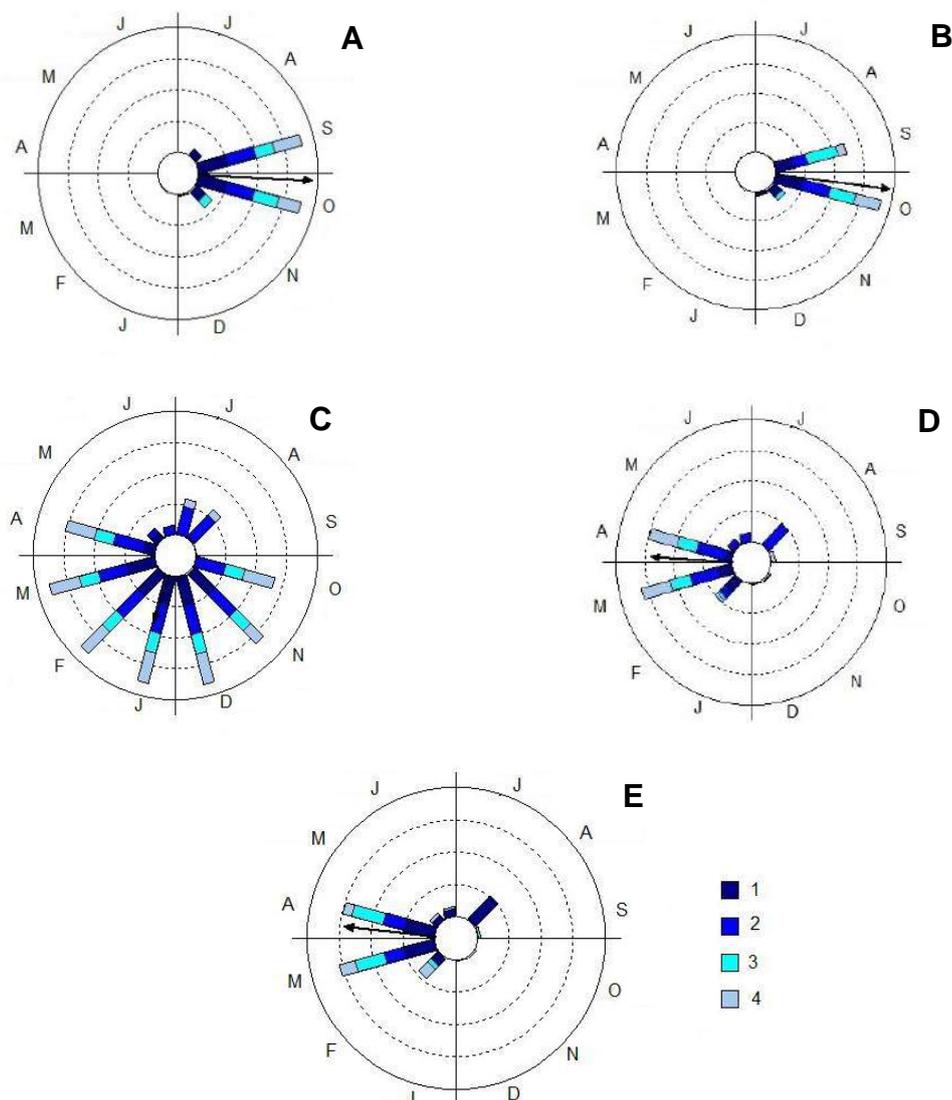


Figura 7. Histograma circular da frequência de ocorrência mensal das fenofases reprodutivas de *Joannesia princeps* Vell. em quatro populações no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil, de julho/2015 a junho/2016. População 1: Muritiba; População 2: Laje; População 3: Valença; População 4: Presidente Tancredo Neves. A. botões florais; B. florescimento; C. Fruto imaturo; D. Fruto maduro. E. Dispersão.

Destaca-se que o momento de máximo florescimento (out. 2015) coincidiu com o segundo mês de formação de botões florais nas plantas de *J. princeps* indicando que ocorre formação de botões e abertura relativamente rápida de flores.

Verificou-se forte correlação negativa ( $r_p = -1,000$ ;  $p < 0,05$ ) entre a floração e a precipitação acumulada dos três meses de maior frequência (outubro de 2015). Mas para o mês de maior índice de atividade (outubro de

2015) houve correlação negativa inferior a 0,70 com as precipitações anteriores. Da mesma forma as temperaturas anteriores ao mês de maior frequência e de maior intensidade (outubro de 2015) de Fournier, mostraram fraca correlação com o florescimento. A correlação com o fotoperíodo foi mais fortemente negativa no segundo mês anterior ao evento ( $r_s=-0,799$ ;  $p<0,05$ ), o que se justifica porque o aumento do fotoperíodo a partir de julho/agosto não é o momento em que as flores foram emitidas.

Tabela 2. Análise descritiva circular de ocorrência das fenofases reprodutivas de *Joannesia princeps* Vell. em populações no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil, durante o período de julho/2015 a junho/2016.

		<b>BF</b>	<b>F</b>	<b>FI</b>	<b>FM</b>	<b>D</b>
<b>Pop 1</b>	<b>NB</b>	256	196	544	156	363
	<b>CMV (r)</b>	0,906	0,917	0,606	0,804	0,523
	<b>(P)</b>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	<b>(<math>\mu</math>)</b>	93,088 <sup>o</sup>	103,837 <sup>o</sup>	205,742 <sup>o</sup>	251,978 <sup>o</sup>	298,562 <sup>o</sup>
	<b>DM</b>	Out	Out	Jan	Mar	Abr
	<b>DPC</b>	25,483	23,832	57,307	37,85	65,244
<b>Pop 2</b>	<b>NB</b>	200	150	930	364	149
	<b>CMV (r)</b>	0,973	0,978	0,181	0,519	0,885
	<b>(P)</b>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	<b>(<math>\mu</math>)</b>	90,4 <sup>o</sup>	96,272 <sup>o</sup>	190,639 <sup>o</sup>	298,019 <sup>o</sup>	270,796 <sup>o</sup>
	<b>DM</b>	Out	Out	Jan	Abr	Abr
	<b>DPC</b>	13,369	12,178	105,87	65,659	28,278
<b>Pop3</b>	<b>NB</b>	179	207	448	149	213
	<b>CMV (r)</b>	0,946	0,96	0,539	0,965	0,897
	<b>(P)</b>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	<b>(<math>\mu</math>)</b>	99,001 <sup>o</sup>	91,303 <sup>o</sup>	195 <sup>o</sup>	268,005 <sup>o</sup>	268,311 <sup>o</sup>
	<b>DM</b>	Out	Out	Jan	Mar	Mar
	<b>DPC</b>	19,039	16,457	63,673	15,22	26,682
<b>Pop 4</b>	<b>NB</b>	166	114	714	226	132
	<b>CMV (r)</b>	0,978	0,987	0,43	0,85	0,867
	<b>(P)</b>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	<b>(<math>\mu</math>)</b>	88,151 <sup>o</sup>	98,027 <sup>o</sup>	198,994 <sup>o</sup>	268,241 <sup>o</sup>	259,252 <sup>o</sup>
	<b>DM</b>	Set	Out	Jan	Mar	Mar
	<b>DPC</b>	12,208	9,37	74,434	32,667	30,554

(NB): Número de Observações; (CMV): Comprimento Médio do Vetor; (P): Teste de Uniformidade de Rayleigh (P); ( $\mu$ ): Ângulo médio do vetor; (DM): Data Média; (DPC): Desvio Padrão Circular; (Pop.1): População de Muritiba; (Pop. 2): População de Laje; (Pop. 3): População de Valença; (Pop. 4): População de Presidente Tancredo Neves.

Na análise estatística circular demonstrou-se que a sazonalidade da fenofase de floração e o teste de Rayleigh foram altamente significativos. A data média de intensidade desse fenômeno foi o mês de outubro para todas as populações, com alta concentração de indivíduos (r) em torno da data média (Figura 7B, Tabela 2).

### 3.3.3. Frutos imaturos

A fase de frutos imaturos é marcada pela presença de frutos verde-marrons e em crescimento nos ramos, permanecendo até o início da maturação. A presença de frutos imaturos foi observada em julho e agosto de 2015 principalmente na população 2 (Laje). Mas a partir de outubro de 2015 a frequência de frutificação começou a aumentar em todas as populações, porém, ocorreu variações na formação de frutos nas plantas das populações de *J. princeps*. O índice de intensidade de Fourier demonstrou que a formação de frutos é um fenômeno de pequena magnitude na copa (Figura 6C).

Essa fenofase mostrou fraca correlação com as precipitações e temperaturas anteriores ao mês de maior frequência e maior intensidade (Tabela 1). Com relação ao fotoperíodo, a correlação foi positiva ( $r_s=0,996$ ;  $p<0,05$ ), demonstrando que os frutos imaturos permanecem nas plantas durante o período de maior duração do dia.

A fenofase de formação de frutos imaturos mostrou-se sazonal, com data média (DM) em janeiro (Figura 7C, Tabela 2). Mas o tempo de formação de frutos de até 7 meses (outubro de 2015 a abril de 2016) possibilita a atuação de diversos fatores ambientais e agentes biológicos que podem reduzir a quantidade de frutos e sementes produzidas.

#### **3.3.4. Frutos maduros**

Fenômeno percebido pela mudança de coloração do fruto que torna-se totalmente marrom e termina quando começa a dispersão. O amadurecimento dos frutos foi observado em agosto e setembro de 2015 e a partir de janeiro de 2016 com maior frequência (80%) no mês de março. A maior atividade do fenômeno na copa das árvores foi em abril de 2016, conforme demonstrado pelo índice intensidade de Fournier (20,5%) (Figura 6D).

Destaca-se que o amadurecimento de frutos (março de 2016) se deu cerca de 5 meses após o florescimento (outubro de 2015), essa informação é essencial para o planejamento da colheita.

O amadurecimento de frutos não apresentou correlação direta com o índice de intensidade de Fournier e com a temperatura dos 3 meses anteriores (Tabela 1). O fotoperíodo foi positivo com essa fenofase no terceiro mês

anterior ( $r_s = -0,926$ ;  $p < 0,05$ ), uma vez que o maior fotoperíodo ocorrem em dezembro enquanto os frutos amadureceram principalmente a partir de março.

A formação de frutos maduros (março de 2016) mostrou sazonalidade e resultados significativos com data media (DM) para as populações 1, 3 e 4 e em abril para a população 2. A concentração de indivíduos que apresentaram frutos maduros foi alta em todas as populações estudadas (Figura 7D, Tabela 2).

### 3.3.5. Dispersão

A dispersão é o mecanismo de liberação dos frutos e sementes para perpetuação da espécie, sendo essa fenofase determinada pela queda dos frutos das plantas de *J. princeps*, os quais rolam sobre o solo. A fenofase de dispersão ocorreu entre agosto e setembro de 2015 nas populações 1, 2 e 4. Em 2016 o fenômeno começou a ocorrer em fevereiro, porém com baixa frequência em todas as populações. O maior índice de atividade foi observado em março (76,4%), com intensidade (18,7%) em abril (Figura 6E).

A correlação entre a dispersão de frutos e a precipitação mostrou-se negativa ( $r_p = -0,852$ ;  $p < 0,05$ ) no mês anterior ao mês de maior frequência (março de 2016). Já o mês de maior intensidade (abril de 2016) mostrou correlação fraca com esta variável. Com relação a temperatura, a correlação foi altamente positiva ( $r_p > 0,99$ ;  $p < 0,05$ ) no primeiro e segundo meses anteriores ao mês de maior frequência e para o mês de maior índice de intensidade de Fournier (Tabela 1). Tais resultados demonstram que a elevação da temperatura e a secagem do ambiente com menores precipitações foram essenciais para o amadurecimento e dispersão dos frutos de *J. princeps*.

Também houve correlação positiva com o fotoperíodo no terceiro mês anterior ( $r_s = -0,85$ ;  $p < 0,05$ ) isso ocorreu porque a dispersão ocorre principalmente a partir de março enquanto o máximo fotoperíodo ocorreu em dezembro.

A dispersão dos frutos de *J. princeps* mostrou-se fortemente sazonal, com data media (DM) em abril para as populações 1 e 2 e em março para as demais. A concentração de indivíduos foi alta para todas as populações (Figura 7E, Tabela 2).

### 3.4. Análise Fatorial Múltipla (AFM)

A Análise Fatorial Múltipla dos resultados médios da atividade dos fenômenos e do índice de intensidade de Fournier demonstrou robustez na explicação das variações, sendo possível explicar 82,64% (= 54,44% + 28,20%) da variação em duas dimensões para a atividade dos fenômenos nas populações de *J. princeps* estudadas (Figura 8A), enquanto a variação observada para o índice de intensidade de Fournier apresentou 80,91% (= 51,28% + 29,63%) de explicação em duas dimensões (Figura 8B). Ao mesmo tempo verificou-se que houve considerável variação entre as plantas das populações estudada, demonstrada pela distância dos vetores das fenofases em relação ao centro (Figuras 8A e 8B)

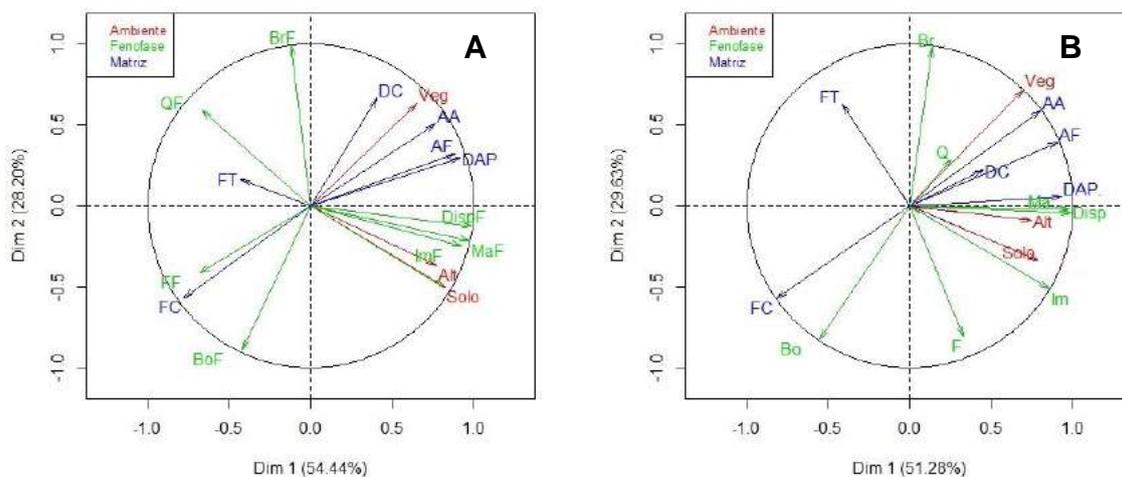


Figura 8. Análise fatorial múltipla das populações de *Joannesia princeps* Vell., ocorrentes no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil: **A** (índice de atividade); **B** (Intensidade de Fournier): altura da árvore (AA), altura do fuste (AF), diâmetro à altura do peito (DAP), diâmetro da copa (DC), forma da copa (FC), forma do tronco (FT), solo, altitude (Alt), brotamento (Br%), queda foliar(Q%), botão floral (Bo%), flor (F%), fruto imaturo (Im%), fruto maduro (Ma%), dispersão (Disp%), tipo de vegetação (Veg.).

Ao analisarmos o contexto da vegetação em que as plantas de *J. princeps* estavam inseridas, verificou-se que as plantas maiores (AA, AF, DC e DAP) apresentam forte relação com as áreas cultivadas com cacaueteiro, isso ocorreu porque na população 1 que está em uma área reflorestada apresentou

plantas mais jovens e com menor crescimento e em possibilidade de estar em competição por luz, espaço e nutrientes com outras espécies.

A altitude (Alt) e o tipo de solo predominante (Argissolo) apresentaram relações diretas com alguns aspectos da fenologia reprodutiva (Im, Ma, Disp), tanto em atividade como em intensidade na copa das plantas (Figuras 8A e 8B).

Na espécie estudada, foi verificado que diâmetro de copa (DC) e o DAP (Figuras 8A e 8B) correlacionaram com a altura da árvore (AA), demonstrando que o crescimento da copa, do tronco estão correlacionados.

#### 4. DISCUSSÃO

Observou-se no presente estudo um período de 4 meses com precipitações inferiores a 60 mm e dois meses (dezembro e fevereiro) com temperaturas acima dos 30°C. Em outros trabalhos foram verificados que além do clima da região as árvores estão sujeitas às inconstâncias ambientais locais que podem interferir nos padrões fenológicos (Marques; Oliveira, 2004). E mesmo em áreas com sazonalidade pouco definida há interferência do clima sobre as fenofases das espécies, contudo de forma menos expressiva do que em locais com clima sazonal bem definido (Locatelli; Machado, 2004).

Na região do Recôncavo e Baixo Sul as populações de *J. princeps* estudadas demonstraram correlação significativa entre as fenofases e as variáveis ambientais estudadas, em pelo menos um dos três meses anteriores a ocorrência dos eventos. As variáveis meteorológicas exerceram influência sobre as fenofases estudadas, porém com pouca dependência para as fenofases vegetativas, enquanto as fenofases reprodutivas foram mais influenciadas durante o período de estudo. Isso pode ter ocorrido porque os ciclos fenológicos de espécies tropicais abrangem aspectos diversos, manifestando padrões irregulares de difícil identificação, principalmente em estudos de curto prazo (Bencke; Morellato, 2002b). Para demonstrar tal aspecto Tarola e Morellato (2000), estudando a fenologia em floresta super-úmida litorânea, constataram que mesmo as variáveis climáticas sendo pouco sazonais, podem influenciar na fenologia das espécies.

De forma geral, as populações de *J. princeps* apresentaram sincronia no comportamento fenológicos, sendo esse um aspecto importante para o planejamento de colheita de sementes, que pode ocorrer entre os meses de março e abril, devendo antecipar a dispersão que ocorre nos mesmos meses, quando houver interesse em colher frutos/sementes nas plantas.

A fenofase brotamento foi contínua durante o período observado, não ocorrendo sazonalidade distinta, manifestando maior intensidade nos meses com menores precipitações. Esse fato também foi observado por Araújo *et al.* (2012), estudando a fenologia e biologia floral de *Cnidoscolus urens* L. (Euphorbiaceae). Segundo os autores, o surgimento de folhas no decorso da estação seca também demonstrou a ausência de interferência da precipitação na fenofase de brotamento.

A queda de folhas também não apresentou efeito sazonal, sendo observada em todo período de estudo. A queda progressiva de folhas ao longo do ano pode ser efeito da senescência natural ou ajuste da própria espécie para administrar o consumo de água conforme discutido por Santos; Takaki (2005). Segundo os autores, a maioria das árvores de regiões com estação seca bem definida, ficam totalmente desfolhadas, e em resposta a diminuição do estresse hídrico lançam brotos ainda na época seca. Porém, em outras árvores tropicais, a restauração da água que ocorre posterior a perda de folhas, não provoca o brotamento, e essas espécies continuam dormentes durante um tempo. A perda total de folhas não foi observada na espécie em estudo durante os meses de avaliações, o que pode estar associado à redução da intensidade das chuvas já que no Recôncavo e no Baixo Sul da Bahia não ocorre ausência total de chuvas no período mais seco.

Constatou-se que as fenofases brotamento e queda foliar ocorreram simultaneamente na maior parte dos indivíduos, concordando com as observações fenológicas de Tonini (2011) feitas para a espécie arbórea *Bertholletia excelsa* Humb. Bonpl. na Amazônia. Esses fenômenos contínuos também foram observados para três espécies em floresta semidecídua (Bauer *et al.*, 2014) e também para *Tapirira guianensis* em remanescentes de Mata Atlântica (Santos; Ferreira, 2013). O brotamento e a queda de folhas na espécie arbórea estudada podem representar uma estratégia contínua de renovação da copa e assim reduzir a infestação por pragas e doenças foliares,

tais como as causadas pelo fungo *Phomopsis* (Anjos *et al.* 2001), ou como estratégia para ciclagem de nutrientes pois as folhas apresentam fácil decomposição (Carvalho, 2003).

As fenofases reprodutivas de *J. princeps* apresentaram comportamento sazonal. O surgimento de botões florais e a floração ocorreram simultaneamente (setembro a novembro de 2015), sendo verificados nos períodos de baixa precipitação. De acordo com Pedroni *et al.* (2002), a produção de inflorescências no período de baixa pluviosidade encontra-se relacionada a uma maior proteção aos órgãos reprodutivos.

A floração no período de baixa precipitação é vantajosa, pois essas condições climáticas favorecem a atividade dos polinizadores (Janzen, 1967), já que a época chuvosa poderia causar danos mecânicos as flores (Van Schaik *et al.*, 1993; Fish *et al.*, 2000).

Verificou-se que as fenofases formação de botões florais e de florescimento mostraram correlação negativa com as precipitações anteriores, fato também constatado por Santos e Takaki (2005) em estudo fenológico de *Cedrela fissilis* Vell. demonstrando influencia desta variável com estes eventos. Segundo Ferraz *et al.* (1999), a floração de arbóreas da Mata Atlântica está mais associada aos constituintes climáticos do segundo mês que antecede a fenofase do que ao período de produção de flores. Isso sugere que o clima anterior a floração pode estimular o desenvolvimento dos botões florais.

A duração da floração foi relativamente rápida (set a nov/2015), havendo sobreposição com a fenofase de botões florais. O curto período de flores abertas também foi observado para *Paratecoma peroba* (Lins; Nascimento, 2010), *Copaifera langsdorffii*, *Eugenia moraviana* e *Pouteria caimito* (Pereira *et al.*, 2008).

A rápida abertura de flores pode interferir na quantidade e qualidade dos frutos produzidos, fato observado na espécie estudada. Nota-se que apesar da intensidade da atividade de floração poder chegar a cerca de 50% na copa, houve formação de frutos entre 20% e 30% da área da copa. Segundo Pedroni *et al.*, (2002) a duração da flor entre o período de exposição aos polinizadores e o tempo gasto de sua produção e manutenção para a planta representam o tempo de risco de ser parasitada.

Felippi *et al.*, (2012b) também detectaram a existência de botões florais e logo após a presença de frutos, indicando a rápida floração em *Cordia trichotoma* (Vell). Esse fato pode ser atestado com avaliação da biologia floral e redução do período de observação.

No presente estudo tornou-se evidente que o fotoperíodo também exerceu efeitos sobre a formação de botões florais, podendo ser esse um dos aspectos ambientais que atuam para a sincronidade entre plantas e populações de *J. princeps*. A espécie estudada no presente trabalho foi estimulada para o florescimento com o aumento do fotoperíodo assim como também foi verificado por Biondi *et al.* (2007) ao estudarem 12 espécies nativas tropicais, enquanto espécies subtropicais podem apresentar maior florescimento com a redução do fotoperíodo (Martini *et al.*, 2010). Mas como o tempo de 3 meses até o surgimento dos botões florais é relativamente longo o estímulo pode ser perdido e afetado por outros aspectos ambientais. Essa última análise baseia-se no fato da menor temperatura média na população ser um justificativo retardo na formação de botões florais, além de reduzir a atividade de polinizadores e a consequente fecundação, que reduziu a formação de frutos. A análise conjunta de aspectos climáticos do fotoperíodo foi descrita por Lacher (2000) em que a temperatura pode exercer efeitos sobre as fenofases.

Foi verificado um longo período (7 meses) de frutos imaturos, apresentando pouca correlação com a precipitação e temperatura dos meses anteriores a ocorrência do evento. Porém, a duração prolongada da frutificação está sujeita a condições bióticas e abióticas. De acordo com Spina *et al.* (2001), a frutificação responde a estímulos ambientais como fotoperíodo, precipitação e temperatura e a fatores bióticos como polinizadores e dispersores de frutos e sementes. A formação de uma menor quantidade de frutos na copa de *J. princeps* pode estar relacionada a formação de frutos grandes e pesados. Tem sido verificado que certas espécies vegetais produzem menos frutos/sementes, mas de maior massa como uma estratégia para formação de sementes de melhor qualidade (Bazzaz *et al.*, 2000). O amadurecimento dos frutos teve início em janeiro de 2016 (5 meses após a antese) sendo observado até o mês da última avaliação (junho de 2016). Santos e Takaki (2005), verificaram em *Cedrela fissilis* um período de 11

meses para maturação dos frutos. Esse período de maturação coincide com a época chuvosa apresentada durante as avaliações, quando as características ambientais para germinação e estabelecimento das plântulas são mais favoráveis (Santos; Ferreira, 2013). Os autores também verificaram amadurecimento dos frutos de *Tapirira guianensis* na estação chuvosa.

Assim o longo tempo de formação de frutos em *J. princeps* no período do ano em que o fotoperíodo é maior, pode representar o tempo necessário para a formação de frutos grandes e com sementes ricas em óleo, além de uma estratégia de dispersão no momento em que pode favorecer a germinação e o estabelecimento das plantas jovens. Além do clima, é provável que os fatores seletivos que determinam os meses de ocorrência da frutificação, também influenciem outras fases do desenvolvimento da planta, como a germinação das sementes, que deve ocorrer em época propícia para o estabelecimento das plântulas (Marques *et al.*, 2004).

A dispersão dos frutos *J. princeps* começou a ocorrer no período chuvoso (fevereiro). Tal fato também foi observado para as espécies arbóreas *Carapa guianensis* Aubl. e *Tapirira guianensis* Aubl., ocorrentes na Mata Atlântica e na Amazônia, respectivamente (Pereira; Tonini, 2012; Santos; Ferreira 2013). O que demonstra que espécies ocorrentes em florestas úmidas podem dispersar seus frutos em épocas mais favoráveis ao estabelecimento de novas plantas. Pois a queda de frutos e dispersão de sementes na estação chuvosa, pode sugerir que a germinação e a fixação das plântulas sejam favorecidas pela água e nutrientes liberados na degradação da matéria orgânica, condensada na época seca (Morellato *et al.*, 1989).

A síndrome de dispersão da espécie de acordo com classificação de Van der Pijl (1982) é autocórica, porém, foi observado que os frutos quando maduros caem pela força da gravidade, podendo ser classificada como barocórica. A cutia (*Dasyprocta sp.*) se alimenta dessas sementes, promovendo a disseminação (Carvalho, 2003). No entanto, no presente estudo foram observadas quantidades significativas de frutos e plântulas ao redor das árvores, indicando não estar ocorrendo disseminação para outros locais. Isso pode estar associado a intervenção humana na estratificação das florestas locais, reduzindo a população de dispersores.

Os estudos fenológicos principalmente em nível regional são fundamentais para compreensão da forma de desenvolvimento das espécies em função das condições distintas do ambiente, já que, a plasticidade fenotípica é um atributo importante a ser levado em consideração, sobretudo quanto o interesse é colher sementes (Felippi *et al.*, 2012a).

A altitude (Alt) e o tipo de solo apresentaram relações com alguns aspectos da fenologia reprodutiva (Im, Ma, Disp), isso porque os Argissolos ocorrem em encostas e nos locais mais altos e a seca das plantas se dá de forma mais rápida, assim o estímulo à manutenção das fenofases vegetativas é menor. Mas a ausência desses aspectos ambientais com a formação de botões florais (Bo) e flores (F) pode ser devido a menor duração desses fenômenos e a fatores internos das plantas.

Nesse estudo mostrou-se a diferença no comportamento fenológico entre as populações de *Joannesia princeps* Vell. dadas pela variação da intensidade e da atividades dos fenômenos, mas houve sincronismo entre os eventos fenológicos vegetativos e reprodutivos. As correlações mostradas entre as variáveis climáticas dos meses anteriores e as fenofases, influenciaram a ocorrência dos eventos. Geralmente as fenofases apresentam relação com as variáveis climáticas dos meses anteriores as avaliações (Marques; Oliveira, 2004).

## 5. CONCLUSÕES

O comportamento fenológico de *Joannesia princeps* Vell. foi sincrônico entre as populações e entre os indivíduos. Mas ocorre variação fenológica na intensidade e na atividade entre as populações estudadas no Recôncavo e no Baixo Sul da Bahia.

A sazonalidade foi observada nas fenofases reprodutivas, enquanto para as fenofases vegetativas foi verificado sobreposição de brotamento e queda foliar durante todo o período de estudo.

As variáveis climáticas influenciaram a ocorrência das fenofases, mas também reforçam a importância de realização de estudos mais prolongados para melhor esclarecer melhor as relações entre esses fatores.

A produção de frutos maduros ocorre entre os meses de março e abril, cerca de 5 a 6 meses após o florescimento, quando deverão ser colhidos na copa, uma vez que colheita mais tardia pode favorecer a dispersão e a colheita de frutos no solo, sem, contudo, permitir a identificação da planta produtora.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, J. R. N.; CHARCHAR, M. J. A.; GUIMARÃES, D. P. Ocorrência de queima das folhas causada por *Phomopsis* sp. em aroeira no Distrito Federal. **Fitopatologia brasileira**, v. 26, n. 3, p. 649-650, 2001.

ARAÚJO, L. D. A. de.; LEAL, A. de S.; QUIRINO, Z. G. M. Fenologia e biologia floral da urtiga cansação (*Cnidocolus urens* L., Euphorbiaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 10, n. 2, p. 140-146, 2012.

BAPTISTA, W. A.; OLIVEIRA, L. M. **Atributos climáticos do estado da Bahia**. Salvador: SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia, 85p, 1998. (Série Estudos e Pesquisas 38).

BAUER, D.; MÜLLER, A.; GOETZ, M. N. B.; SCHMITT, J. L. Fenologia de *Ocotea pulchella*, *Myrcia brasiliensis* e *Psidium cattleyanum*, em floresta semidecídua do sul do Brasil. **Floresta**, v. 44, n. 4, p. 657-668, 2014.

BAZZAZ, F.A.; ACKERLY, D.D.; REEKIE, E.G. Reproductive allocation in plants. In: FENNER, M. (Ed.). **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford: CABI Publishing, 30p, 2000.

BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, P. C. Comparação de dois métodos de avaliação fenológica de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 3, p. 269-275, 2002b.

BIONDI, D.; LEAL, L.; BATISTA, A. C. Fenologia do florescimento e frutificação de espécies nativas dos Campos. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 29, n. 3, p. 269-276, 2007.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, v. 1, 1.039p, 2003.

COSTA, M. P.; NAPPO, M. E.; CAÇADOR, F. R. D.; BARROS, H. H. D. Avaliação do processo de reabilitação de um trecho de floresta ciliar na bacia do rio Itapemirim-ES. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 835-851, 2010.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 376p, 2006.

FABRICANTE, J. R.; ANDRADE, L. A.; OLIVEIRA, L. S.B. Fenologia de *Capparis flexuosa* L. (Capparaceae) no Cariri Paraibano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 2, p. 133-139, 2009.

FELIPPI, M.; MAFFRA, C. R. B.; CANTARELLI, E. B.; ARAÚJO, M. M.; LONGHI, S. J. Fenologia, morfologia e análise de sementes de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, p. 477-491, 2012a.

FELIPPI, M.; MAFFRA, C. R. B.; CANTARELLI, E. B.; ARAÚJO, M. M.; LONGHI, S. J. FENOLOGIA, MORFOLOGIA E ANÁLISE DE SEMENTES DE *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, p. 631-641, 2012b.

FENNER, M. The phenology of growth and reproduction in plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v.1, n. 1, p. 78-91, 1998.

FERRAZ, D. K.; ARTES, R.; MANTOVANI, W.; MAGALHÃES, L. M. Phenology of tree species in an urban forest fragment in São Paulo, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 2, p. 305-317, 1999.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JUNIOR, J. A. da. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n.1, p. 115-146, 2010.

FISCH, S. T. V.; NOGUEIRA JR, L. R.; MANTOVANI, W. Fenologia reprodutiva de *Euterpe edulis* Mart. na Mata Atlântica (Reserva ecológica do Trabiçu, Pindamonhangaba – SP). **Revista Biociências**, v. 6, n. 2, p. 31-37, 2000.

FOURNIER, L.A. Un método cuantitativo para La medición de características fenológicas en árboles. **Turrialba**, v. 24, p. 422-423, 1974.

FOURNIER, L. A. Observaciones fenológicas en el bosque húmedo premontano de San Pedro de Montes de Oca. **Turrialba**, v. 26, n.1, p. 54-59, 1976.

GUEDES, L.P.C.; URIBE-OPAZO, M. A.; JOHANN, J. A.; SOUZA, E. G. de. Anisotropia no estudo da variabilidade espacial de algumas variáveis químicas do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2217-2226, 2008.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 4 abr. 2016.

INPE. **Mapa índice TOPODATA.** Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em: 4 jul. 2016.

INSTACALC. **Fotoperíodo.** Disponível em: <<http://instacalc.com/38374>>. Acesso em: 11 nov. 2016.

JANZEN, D. H. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. In: **Evolution**, v. 21, n. 3, p. 620- 637, 1967.

KAGEYAMA, P.Y. Conservação “in situ” de recursos genéticos de plantas. **IPEF**, v. 35, n.1, p. 7-37, 1987.

KOVACH, W. L. **Oriana** –Circular Statistics for Windows. Version 3.21. Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, U.K, 2010. Disponível em: <<http://www.kovcomp.co.uk>>. Acesso em: 4 jul.2016.

LACHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: RiMa, p. 531, 2000

LIETH, H. Purpose of a phenology book. In: \_\_\_\_\_. **Phenology and seasonality modeling.** Berlin: Springer, p. 3-19, 1974.

LINS, B. L. A.; NASCIMENTO, M.T. Fenologia de *Paratecoma peroba* (Bignoniaceae) em uma floresta estacional semidecidual do norte fluminense, Brasil. **Rodriguésia**, v. 61, n. 3, p. 559-568, 2010.

LOCATELLI, E.; MACHADO, I.C. Fenologia das espécies arbóreas de uma mata serrana (brejos de altitude) em Pernambuco, Brasil. In Porto, K.C.; Cabral, J. P. ; Tabarelli, M. (Orgs.) **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação.** Ministério do Meio Ambiente/ Universidade Federal de Pernambuco. p.255-276, 2004.

MARQUES, M. C. M.; OLIVEIRA, P.E.A.M. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas florestas de restinga da Ilha do Mel, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 4, p. 713-723, 2004.

MARQUES, M. C. M.; ROPER, J. J.; SALVALAGGIO, A. P. B. Phenological patterns among plant life-forms in a subtropical forest in southern Brazil. **Plant Ecology**, v. 173, n. 2, p. 203–213, 2004.

MARTINI, A., BIODI, D., BATISTA, A.C., NATAL, C.M. Fenologia de espécies nativas com potencial paisagístico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n.1, p. 75-84, 2010.

MORELLATO, L.P.C., RODRIGUES, R.R., LEITÃO FILHO, H.F. ; JOLY, C.A. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semi-decídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 12, n. 1/2, p. 85-98, 1989.

MORELLATO L. P. C. A pesquisa em fenologia na América do Sul, com ênfase no Brasil, e suas perspectivas atuais. In: REGO, G.M; NEGRELLE, R. R. B.;

MORELLATO, L. P. C. (Eds), **Fenologia**: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos [recurso eletrônico]. Colombo: Embrapa Florestas, p. 37-47, 2007.

MORELLATO, L.P.C.; ALBERTI, L.F.; HUDSON, I.L. Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. In: I.L. Hudson; M. Keatley (Eds.), **Phenological Research**: methods for environmental and climate change analysis. Heidelberg: Springer, p. 357–371, 2010.

MUNHOZ, C. B. R.; FELFILI, J. M. Fenologia do estrato herbáceo-subarbustivo de uma comunidade de campo sujo na Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. **Revista Acta Botânica Brasileira**, v.19, n. 4, p. 979-988, 2005.

PEDRONI, F.; SANCHEZ, M.; SANTOS, F. A. M. Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. – Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 2, p. 177-182, 2002.

PEREIRA, M. R. N. P.; TONINI, H. Fenologia da andiroba (*Carapa guianensis* Aubl., Meliaceae) no sul do estado de Roraima. **Ciência Florestal**, v. 22, n.1, p. 47-58, 2012.

PEREIRA, T. S.; COSTA, M. L. M. N. da; MORAES, L. F. D.; LUCHIARI C. Fenologia de espécies arbóreas em Floresta Atlântica da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, v.63, n.2, p. 329-339, 2008.

RUBIM, P.; NASCIMENTO, H. E. M.; MORELLATO, L. P. C. Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v.24, n.3, p. 756-762, 2010.

SANTOS, D. L. dos; TAKAKI, M. Fenologia de *Cedrella fissilis* Vell. (Meliaceae) na região rural de Itirapina, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 19, n.3, p. 625-632, 2005.

SANTOS, P. L.; FERREIRA, R. A. Fenologia DE *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae) no município de São Cristóvão, Sergipe. **Revista Árvore**, v.37, n.1, p. 129-136, 2013.

SILVA, A. G.; BARROS, H. H. D.; SENNA, D. S.; CARVALHO, C. D. V. Fenologia de *Anadenanthebra macrocarpa* (Benth.) Brenan em uma floresta estacional semidecidual no sul do Espírito Santo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8 n.15, p. 938-945, 2012.

SILVA, K. A.; MARTINS, S. V.; MIRANDA NETO, A.; DEMOLINARI, R. A.; LOPES, A. T. Restauração Florestal de uma Mina de Bauxita: Avaliação do Desenvolvimento das Espécies Arbóreas Plantadas. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 23, n.3, p. 309-319, 2016.

SPINA, A.P.; FERREIRA, W. M. ; LEITÃO-FILHO, H.F. Floração, frutificação e síndromes de dispersão de uma comunidade de floresta de brejo na região de Campinas (SP). **Acta Botanica Brasilica**, v.15, n.3, p.349-368, 2001.

TALORA, D.C.; MORELLATO, L.P.C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 1, p.13-26, 2000.

TONINI, H. Fenologia de Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Humb.; Bonpl. Lecythidaceae) no sul do estado de Roraima. **Cerne**, v.17, n.1, p. 123-131, 2011.

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants**. New York, Editora Springer-Verlag, v.3, p.218, 1972.

VAN SCHAIK, C. P.; TERBORGH, J. W.; WRIGHT, S. J. The phenology of tropical forest: adaptive significance and consequences for primary consumers. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.24, n.1, p. 353-377, 1993.

## **CAPÍTULO 2**

### **DETERMINAÇÃO DE ROTAS ÓTIMAS PARA COLHEITA DE SEMENTES DE CUTIEIRA**

## DETERMINAÇÃO DE ROTAS ÓTIMAS PARA COLHEITA DE SEMENTES DE CUTIEIRA

**Resumo:** Diante dos custos gerados na colheita de sementes e poucas informações sobre roteirização, torna-se necessário aplicar ferramentas de programação e desenvolver soluções que otimizem o tempo e recursos. A colheita de sementes florestais tem a necessidade de aprimorar o planejamento afim de criar condições favoráveis para a execução desta atividade. Desta forma, objetivou-se com este trabalho determinar as rotas ótimas para colheita de sementes. Foram utilizados dados espaciais de áreas e de matrizes de *Joannesia princeps* Vell, localizadas no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia. A malha viária foi obtida a partir de imagens gratuitas e a otimização foi estimada, por meio dos programas ArcGis 10.4 e Matlab R2009b. Concluiu-se que a utilização dessas ferramentas contribuiu no aperfeiçoamento de metodologias para o planejamento estratégico de colheita de sementes florestais, minimizando custos e tempo de deslocamento.

**Palavras chaves:** otimização, SIG, menor caminho

## DETERMINATION OF OPTIMAL ROUTES HARVEST SEED OF CUTIEIRA

ABSTRACT: In face to the costs to harvest forest seeds and the few information's about routing it is necessary to apply programming tools and develop solutions that optimize the time and resources. The harvest of the forests seeds is necessary to improve the planning to create favorable conditions to execute thus activity. In this way, the aim in this job was determine optimized roads to harvest seeds. Were used spatial data of areas and plants of *Joannesia princeps* Vell. from Recôncavo and Baixo Sul of Bahia State, Brazil. The roads net was acquired from free imagens and de optimization was determined Arcgis 10.4 and Matlab R2009b softwares. The conclusion was that the application of that tool contribute to improve the methodology for the strategic planning to harvest forests seeds, reducing distance and time to shift.

Keywords: optimizing, GIS, lowest way.

## 1. INTRODUÇÃO

No planejamento da colheita de sementes florestais, seja para qual for a finalidade, um dos primeiros fatores que devem ser levados em consideração é a definição das áreas que serão percorridas.

A escolha das áreas que serão colhidas em determinado período do ano, deve ser em função de avaliações antecipadas, realizando-se acompanhamento fenológico das plantas, determinação da qualidade e produção anual de sementes. Com essas informações é possível calcular custos, definir rotas e identificar locais de interesse para colheita (Medeiros; Nogueira, 2006, 2007).

A escolha das matrizes deve levar em consideração as melhores características da planta para obter sementes de qualidade tais como: porte, sanidade, características de copa e tronco e produtividade (Sena, 2008). O conhecimento desses atributos exerce forte influência quando o objetivo da colheita é a aquisição de um estoque frequente de sementes para o fim que se deseja (Garcia *et al.*, 2011).

A escolha das áreas e o acompanhamento contínuo das matrizes necessita de conhecimentos de logística. A logística tem como finalidade agilizar os serviços, de maneira que cheguem até os locais de destino com eficiência e baixo custo (Novaes, 2007). Magrinelli e Ferreira (2010) consideram a logística como fator preponderante de contribuição nas atividades dentro de uma empresa, sendo relevante para seu sucesso ou insucesso.

A otimização é uma das funções do SIG aplicada em modelos traçados em ambientes digitais dos percursos desejados, facilitando a tomada de decisão na escolha da rota mais econômica (Pascoal Junior; Oliveira Filho, 2010).

A otimização da logística pode ser obtida pela roteirização da malha viária. Este processo que tem por objetivo determinar o caminho mínimo ou o conjunto deles, afim de direcionar veículos ou pessoas na execução de trabalhos com maior eficiência, através de uma sequência de pontos georreferenciados das áreas predeterminadas.

A integração do SIG com algoritmos melhora a capacidade de junção de vários pontos, roteirizando o melhor trajeto de acordo com a necessidade, seja em redução de tempo ou diminuindo a distância (Santos, 2011; Silva *et al.*, 2010).

Oliveira Filho *et al.*, (2005) avaliando ferramentas de SIGs para o planejamento estratégico de malhas em áreas florestais, concluíram que os SIG's roteirizaram e determinaram a rota ótima de transporte, melhorando o desempenho e reduzindo os custos nesta atividade.

Em diversas situações a otimização está ligada a escolha de opções que simplificam o acesso as atividades de maneira eficiente (Goldbarg; Luna, 2005). Assim, a definição de uma rota apropriada as necessidades do setor melhoram a efetividade do trabalho, agregando valor ao produto final (Figueiredo *et al.*, 2007), sendo que a otimização desse processo pode ser realizada por meio de critérios e algoritmos de programação.

Os algoritmos são procedimentos matemáticos aplicados a resolução de problemas, associados a uma sequência de passos finitos e detalhados (Manzano; Oliveira, 2010). O algoritmo caixeiro viajante, foi a primeira técnica utilizada no planejamento de rotas, visando encontrar o caminho mais curto, partindo de um ponto e percorrendo todos os destinos, destacando o algoritmo Dijkstra (Leite *et al.*, 2016).

Este algoritmo calcula as distâncias entre um ponto referencial e todos os outros existentes no grafo, agrupando os caminhos possíveis até o ponto

final, utilizando os critérios de menor distância e tempo (Araújo, 2007). Deng et al. (2012), avaliando uma rede de transporte, utilizaram o algoritmo Dijkstra na determinação do menor trajeto, concluindo que o método pode ser aplicado para resolver problemas de otimização com muita eficiência.

A utilização dessa técnica juntamente com ferramentas computacionais auxilia na elaboração de rotas ótimas de acordo com cronograma em função da época de colheita. Segundo Castellani et al. (2008), a determinação do período adequado para obtenção de sementes pode ser fornecida através de acompanhamento fenológico.

De forma geral, torna-se necessário realizar planejamentos otimizados para traçar o menor caminho para as áreas e entre as matrizes. Segundo Schneider (2009), o planejamento é realizado a partir de análises entre a situação atual e o objetivo que se pretende alcançar, definindo técnicas que visem atingir metas econômicas e em curto período.

Apesar da literatura ressaltar a importância da colheita adequada de sementes, obtida em número expressivo de matrizes, com reduzido grau de parentesco e em áreas de ocorrência natural (Piña-Rodrigues et al., 2007), o elevado custo em função da fragmentação representa uma barreira para a colheita (Silva; Higa, 2006).

Por essa razão, torna-se imprescindível estudos voltados para espécies ainda pouco estudadas como é o caso da *Joannesia princeps* Vell. A espécie possui importância econômica (produção de madeira para diversos fins e biodiesel), ambiental (reflorestamento) e farmacológica (efeito alelopático) (Nishioka; Escalante, 1997; Lorenzi, 2002; Sousa et al., 2007, Dwivedi et al., 2011).

Diante da necessidade de aplicar ferramentas de programação e desenvolver soluções estratégicas para o problema de roteirização da logística florestal a fim de minimizar os recursos, objetivou-se com este trabalho determinar as rotas ótimas para colheita de sementes de cutieira.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

A roteirização foi aplicada em árvores matrizes provenientes de populações de *Joannesia princeps* Vell., localizadas nos municípios de Muritiba, Laje, Valença e Presidente Tancredo Neves, tendo como ponto de partida para a otimização a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) (Figura 1). Foram estimadas as coordenadas (UTM) das árvores matrizes por meio de um GPS, tendo como referência o SIRGAS 2000.

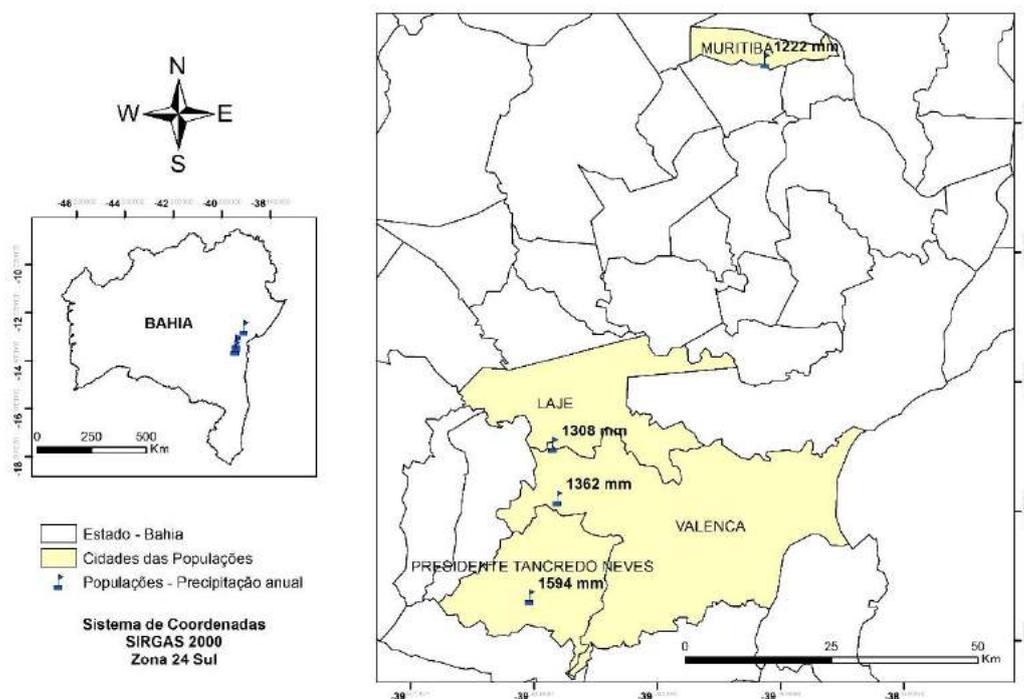


Figura 1. Mapa de localização e precipitações anuais das populações de *Joannesia princeps* (Vell.) e o ponto de partida da otimização.

Foram acompanhadas mensalmente 84 matrizes. A população de Muritiba (25 matrizes) apresentava altura média de 9,52 metros (variando de 6 a 14 m) e DAP médio de 0,24 metros (variando de 0,10 a 0,42 m). As plantas da população de Laje (30 matrizes) possuíam altura média de 20,93 metros (variando de 16 a 24 m), com DAP médio de 0,50 (variando de 0,33 a 1,04 m).

A população de Valença (14 matrizes) apresentava plantas com altura média de 18,14 metros (variando de 16 a 21 m) e DAP médio de 0,27 metros (variando entre 0,21 e 0,38 m). Na população de Presidente Tancredo Neves (15 matrizes), as plantas apresentavam altura média de 18,8 metros (variando de 17 a 21 m), com DAP médio de 0,53 (variando entre 0,30 e 0,67 m).

## **2.2. Otimização da colheita de sementes**

A malha viária foi vetorizada através de imagens gratuitas (Google Earth), possibilitando identificar e traçar os acessos disponíveis até as populações a partir do ponto de origem (UFRB). Os dados das rotas foram transformados em *arquivo shapefile* (shp) por meio do programa ArcGis 10.4.

## **2.3. Roteirização entre as populações**

Para otimizar a rota na colheita de sementes entre as populações de *Joannesia princeps* Vell., foi utilizado programa Arcgis com a ferramenta Network Analyst. Essa ferramenta é uma extensão do ArcGis que permite criar, analisar e gerenciar rede de transportes, traçando rotas definidas e proporcionando facilidades dos serviços para locais de interesse (Karadimas et al., 2008).

Com auxílio da função *Model Builder* do ArcGis foi desenvolvido uma sequência de fluxo com as ferramentas necessárias para roteirização da malha viária (Figura 2). Após a organização de toda informação necessária, a matriz de distância foi calculada otimizando a melhor rota.

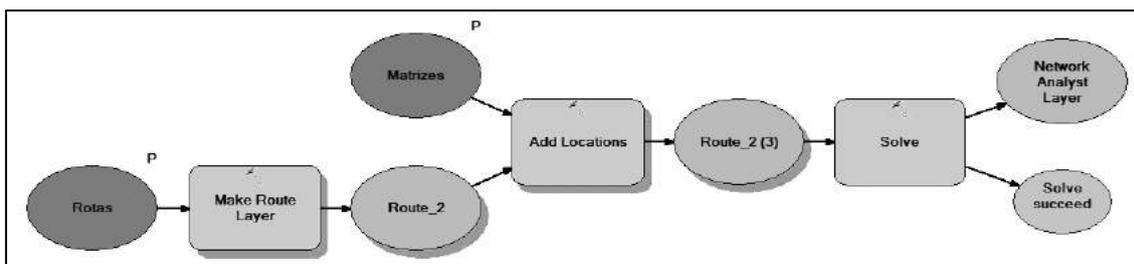


Figura 2. Fluxograma de ferramentas para roteirização da malha viária entre populações de *Joannesia princeps* Vell.

#### 2.4. Roteirização entre matrizes

Para execução deste procedimento, foi necessário a preparação dos dados no ArcGis em arquivos separados para cada população. Cada arquivo é importado através da ferramenta de comando “uigetfile” e trabalhados individualmente no Matlab. A otimização entre as matrizes foi estimada pela aplicação do algoritmo Dijkstra, considerou que a roteirização iniciava por um ponto mais próximo da estrada e ao final da rota ótima retornaria para o mesmo ponto de partida, obtendo uma rota cíclica e de menor distância. Isto favorece a logística na colheita de sementes por apresentar distância mínima de retorno ao veículo para descarregamento das sementes.

### 3. RESULTADOS

A figura 3 apresenta a malha viária dos acessos as populações de *Joannesia princeps* (Vell.) a partir do ponto de origem (UFRB).

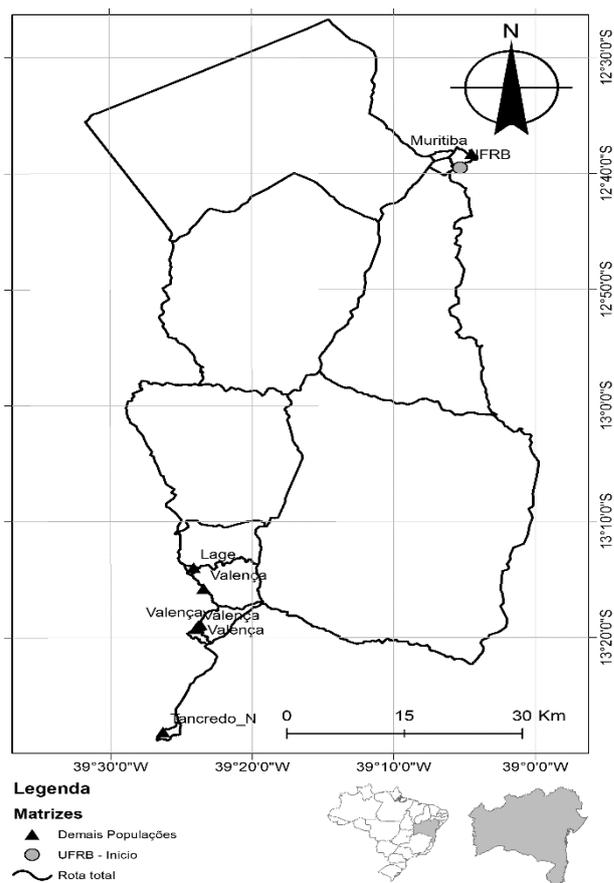


Figura 3. Mapa de representação da malha viária entre as populações de *Joannesia princeps* Vell a partir da UFRB.

Observa-se na figura 4 que a menor rota a ser percorrida foi o trajeto partindo da UFRB, seguindo para a população de Presidente Tancredo Neves, Valença, Laje, Muritiba e retornando ao ponto inicial (UFRB). Esta otimização apresentou uma distância de 251,92 quilômetros (251.920,00 metros) para percorrer todos os destinos.

Não foi levado em consideração o tipo de revestimento das estradas, visto que, as populações encontram-se em zonas rurais. Portanto, parte do trajeto é realizado em rodovias e outra parte em estradas não pavimentadas.

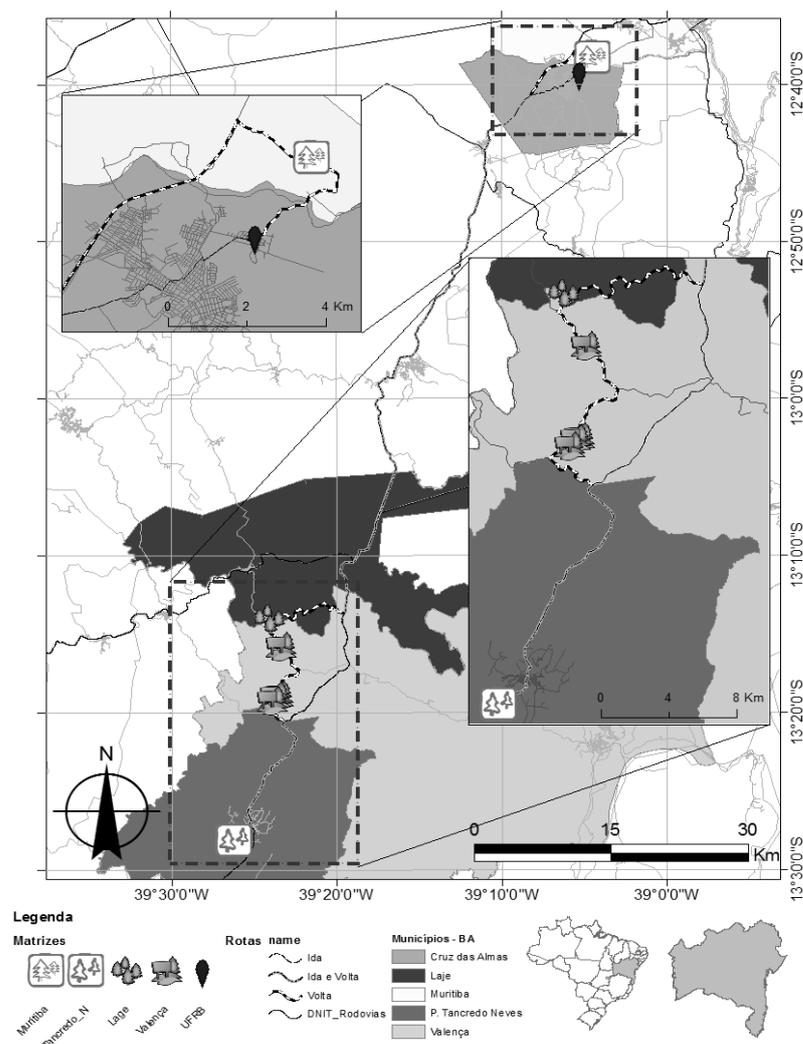


Figura 4. Mapa de otimização de rota das áreas das populações de *Joannesia princeps* Vell. ocorrentes nas regiões do Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil.

A Figura 5 apresenta a roteirização das distâncias entre as árvores matrizes de cada população. A otimização gerou uma distância mínima entre as matrizes de 793,88 metros para a área de Muritiba, 675,9 metros para a área de Laje, 160,74 metros para a área de Valença e 488,25 metros para a área de Presidente Tancredo Neves.

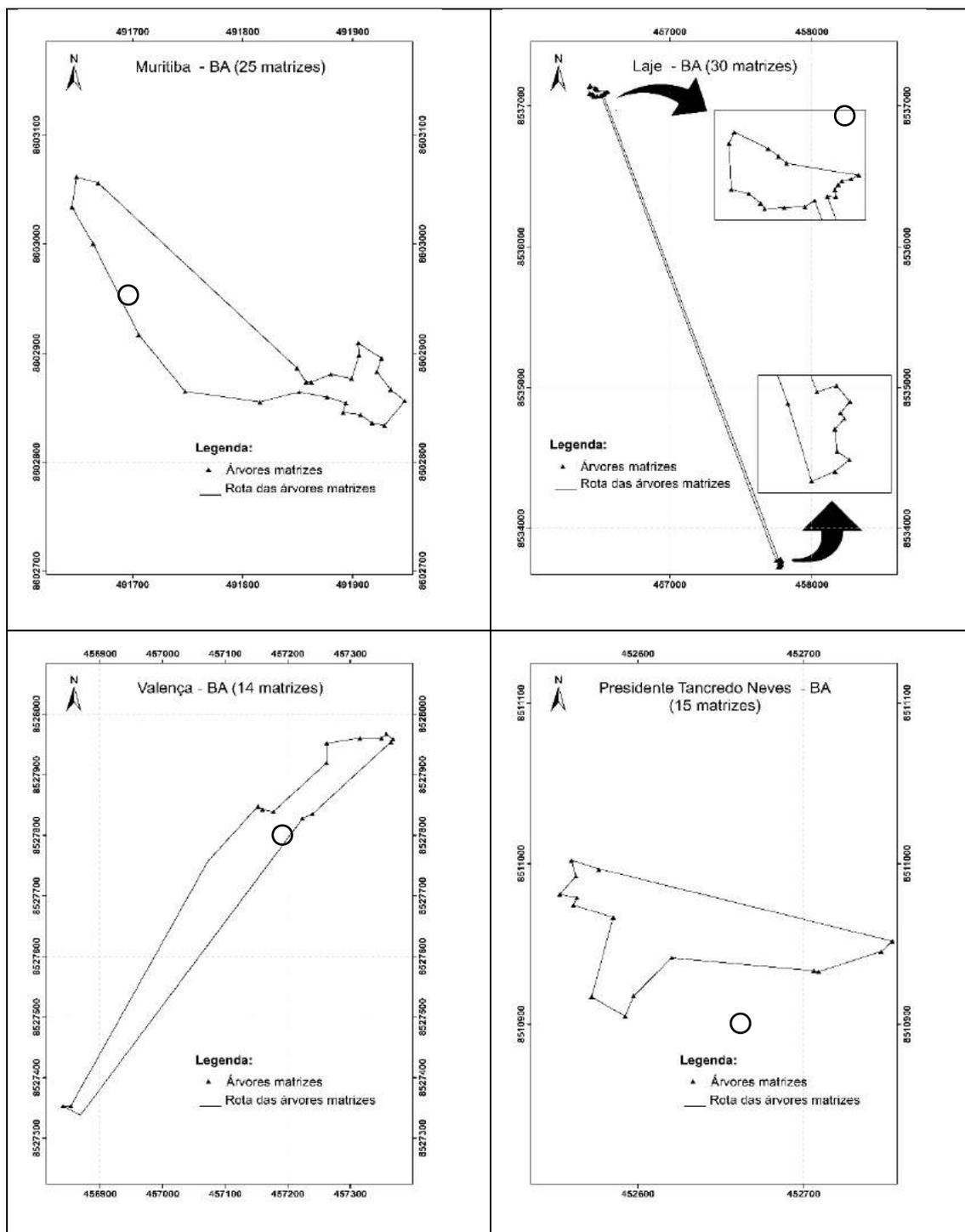


Figura 5. Mapas de otimização de rota entre as matrizes das áreas de *Joannesia princeps* Vell.

#### 4. DISCUSSÃO

As rotas otimizadas neste trabalho foram semelhantes aos resultados encontrado por Silva *et al.* (2010), onde encontraram a menor rota para percorrer pontos turísticos em Ouro Preto (MG), e concluíram que a utilização do algoritmo Dijkstra foi relevante para atribuir valores entre os pontos dos locais de interesse, possibilitando a definição da melhor rota para percorrer o trajeto do ponto de origem até o destino final.

Este trabalho também obteve similaridade de roteirização encontrada por Oliveira Filho *et al.* (2005), onde avaliaram a determinação de rota ótima para o transporte florestal, utilizando ferramenta SIG, levando em consideração o desempenho operacional, buscando a solução mais viável para redução dos custos.

Mohtashami (2011) estudando o planejamento de rotas florestais utilizando o programa ArcGis, encontrou o acesso com menor custo para transporte de madeira. O autor considerou a ferramenta SIG como aplicável na resolução de problemas dessa magnitude, possibilitando avaliar diferentes caminhos e definir a melhor rota, do ponto de vista ambiental quanto econômico.

A adoção dessas metodologias diante de um cenário que necessita cada vez mais de medidas ágeis, é fundamental para que a atividade se desenvolva de forma eficaz, economicamente viável e em tempo reduzido. Cardoso *et al.* (2016) constataram que a otimização de rotas mostrou-se ferramenta válida para diminuição de custos no carregamento de madeira, contribuindo com a melhoria da gestão do setor, refletindo na economia da empresa.

Os custos com as operações de colheita de sementes são elevados e incidem significativamente no valor do produto final. As ferramentas SIG's, proporcionaram o desenvolvimento de estratégias adequadas e eficientes para melhorias do setor. Marcatti (2013), em estudos sobre caminhamento ótimo para acesso as parcelas de inventario florestal também utilizando ferramenta SIG e algoritmo, concluiu que a execução de metodologias neste ambiente efetiva o planejamento do menor percurso entre as parcelas, aumentando o desempenho do trabalho.

A otimização de rotas, bem como os conhecimentos necessários das espécies de interesse, permitiu antecipar um plano de colheita adequado para acessar apenas as populações em produção no determinado período, evitando custos desnecessários com visitas até as áreas.

As distancias encontradas entre as populações e matrizes, possibilitou definir o tempo necessário para a colheita de sementes. Caso seja necessário percorrer as árvores em mais de um dia, a roteirização facilitou o caminhamento sequencial e viabilizou a sinalização da última matriz colhida, para que a atividade seja retomada no próximo retorno.

A roteirização de malha viária ainda é uma estratégia pouco difundida, sendo que a logística é um dos fatores consideráveis na execução de diversas atividades. Levando em consideração a colheita de sementes florestais, a aplicação dessa metodologia favorece na tomada de decisão para que a atividade se torne mais ágil e menos dispendiosa.

## 5. CONCLUSÕES

Os softwares utilizados revelaram ser ferramentas com grande potencial para a otimização de rotas entre as áreas e árvores matrizes de *Joannesia princeps* Vell. e facilitaram o estabelecimento de uma sequência de melhor caminho a ser percorrido, minimizando o tempo e a distância.

A otimização estratégica reflete significativamente em melhor desempenho, possibilitando que essa metodologia seja plenamente desenvolvida em diversos segmentos, apresentando uma alternativa operacional de fácil aplicação que pode ser utilizada para implementar a logística.

Este trabalho traz novas abordagens que contribuem para fundamentar e dar consistência ao processo de colheita de sementes florestais.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi estudar a fenologia e a otimização de rotas para acessar populações de cutieira (*Joannesia princeps* Vell.), com a finalidade de fornecer subsídios para o estabelecimento de um programa de colheita de sementes.

O primeiro capítulo do trabalho avaliou a fenologia da espécie através de acompanhamento mensal, afim de obter informações relevantes para o preenchimento de lacunas a respeito do tema. A metodologia aplicada foi fundamental para responder os questionamentos abordados inicialmente, identificando as variações e fatores responsáveis entre populações e matrizes.

O conhecimento fenológico desta espécie, permite incluí-la em programas de colheita de sementes florestais, já que foi possível identificar todas as fases de desenvolvimento das sementes. No entanto, indica-se a realização de acompanhamentos por períodos mais longos, visto que, as condições ambientais podem variar a cada ano.

Diante do objetivo proposto, pode-se concluir que ocorreu variação na atividade e intensidade das fenofases, sendo estas influenciadas, mesmo que moderadamente, por fatores ambientais e climáticos.

No segundo capítulo foi apresentado uma metodologia de otimização como ferramenta essencial para o planejamento de rotas de colheita de sementes. Esse método, apesar de não ser novo, é pouco difundido. Diante disso, o trabalho também propôs a utilização dessa ferramenta afim de produzir novas informações que contribuam para o aperfeiçoamento da atividade de colheita.

Através de ambiente SIG, utilizou-se ferramentas que executaram com êxito o objetivo proposto. Foi possível otimizar rotas ótimas entre populações e matrizes de *Joannesia princeps* Vell.. Com isso, concluiu-se que o emprego dessa metodologia é viável por reduzir o tempo e distâncias.

Este trabalho é relevante por servir como base para planejamento de colheita de sementes e auxiliar trabalhos futuros, somando com as informações já existentes na literatura. As metodologias apresentadas podem ser aplicadas em outros estudos, para gerar mais conhecimentos a respeito desse tema tão amplo.

Outros trabalhos podem ser desenvolvidos a partir deste, como por exemplo, o desenvolvimento de novos algoritmos e inclusão de novas abordagens para aperfeiçoamento da otimização de rotas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, C. E. Di G. **Algoritmos genéticos híbridos sem delimitadores de rotas para problemas de roteirização de veículos**. ed. rev. 2007. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

CARDOSO, L. E. Z.; OLIVEIRA, P. P.; JOAQUIM JUNIOR, C. F. Redução de custos no transporte de madeira por meio de roteirização otimizada: um estudo de caso. *Tekhne e Logos*, Botucatu, São Paulo, v.7, n.1, 2016.

CASTELLANI, E. D.; DAMIÃO FILHO, C. F.; AGUIAR, I. B.; DE PAULA, R. C. Morfologia de frutos e sementes de espécies arbóreas do gênero *Solanum* L. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n.1, p.102-113, 2008.

DENG, Y.; CHEN, Y.; ZHANG, Y.; MAHADEVAN, S. Fuzzy Dijkstra algorithm for shortest path problem under uncertain environment. **Applied Soft Computing**, 12. p. 1231–1237, 2012.

DWIVEDI, G.; JAIN, S.; PAL SHARMA, M. Pongamia as a source of biodiesel in India. **Smart Grid and Renewable Energy**, v. 2, p. 184-189, 2011.

FIGUEIREDO, A. S.; DINIZ, J. D. A. S.; PORTO, L. L. M. A.; COSTA, I. L. Diagnóstico para Sustentação da Escolha de Modelo de Roteirização em Organização de Base Econômica Familiar. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 3, n. 3, p. 3 – 19, 2007.

GARCIA, L. C.; SOUZA, S. G. A. de.; LIMA, R. B. M. de. **Seleção de matrizes, coleta e manejo de sementes florestais da Amazônia**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2011, 20p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 89).

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. **Otimização combinatória e programação linear**: modelos e algoritmos. 2.ed.– Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

KARADIMAS, N. V.; DOUKAS, N.; KOLOKATHI, M.; DEFTERAIYOU, G. Routing optimisation heuristics algorithms for urban solid waste transportation management. **WSEAS Transactions on Computers**, v. 7, n.12, p. 2022-2031, 2008.

LEITE, E. S.; SANTOS, C. J.; BEZERRA, M. N.; SILVA, D. C. da; COSTA, M. M. Otimização e planejamento de rotas de colheita de sementes florestais. In: DUARTE, E. F. (Org). **Recursos e estratégias para a restauração florestal**: ações para o Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas/BA: UFRB. p. 45 – 95,2016. Disponível em:< <https://www.ufrb.edu.br/editora/titulos-publicados>>. Acesso em: 21 jul. 2016.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. v. 1, Nova Odessa: Instituto Plantarum, 368 p, 2002.

MAGRINELLI, R. M.; FERREIRA, F. S. **A importância da logística**: um estudo de caso de um escritório de advocacia de Palmital (SP), 2010. Disponível em: < <http://www.faeso.edu.br/horus/humanidades/2.pdf>>. Acesso em: 17 ago 2016.

MANZANO, J. A.; OLIVEIRA, J. F. de. **Algoritmos**: lógica para desenvolvimento de programação de computadores. 24 ed.rev. São Paulo: Érica, p. 168, 2010.

MARCATTI, G. E. **Caminhamento ótimo para acesso as parcelas de inventário florestal**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Viçosa, MG, 2013 32p: il.

MEDEIROS, A. C. de S.; NOGUEIRA, A. C. **Planejamento da coleta de sementes florestais nativas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006, p.9. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 126).

MEDEIROS, A. C. de S.; NOGUEIRA, A. C. **Coleta de sementes florestais nativas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007, p.11. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 144).

MOHTASHAMI, S. **Planning forest routes for silvicultural activities using GIS based techniques**: A case study of Selesjö in Östergötland, Sweden. TRITA LWR Degree Project 11:20, 2011.

NISHIOKA, S.A.; ESCALANTE, R. D. Poisoning by intestion of seeds of the fruit of “cotieira” (*Joannesia princeps*). **São Paulo Medical Journal**, n. 115, v. 1, p. 1366-1367, 1997.

NOVAES, A. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

OLIVEIRA FILHO, P. C.; LOPES, E. S.; MAGRAF, W.; DISPERATI, A. A. Determinação da rota ótima de transporte com auxílio de um sistema de informação geográfica. **Ciência Florestal**, v.15, n.4, p. 403-409,2005.

PASCOAL JUNIOR. A.; OLIVEIRA FILHO, P. Análise de rotas de coleta de resíduos sólidos domiciliares com uso de geoprocessamento. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 131-144, 2010.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M., FREIRE, J.M.; SILVA, J.D. Parâmetros genéticos para colheita de sementes de espécies florestais. In: PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FREIRE, J.M.; LELES, P.S.S.; BREIER, T.B. (Orgs.) **Parâmetros técnicos para produção de sementes florestais**. Seropédica: Edur; 2007. p. 51-104.

SANTOS, T. C. A. **Logística aplicada a roteirização e distribuição de produtos em empresas da construção civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Uberlândia, 2011,129 f.: il.

SCHNEIDER, P.R. **Manejo Florestal: planejamento da produção florestal**. Santa Maria: CEPEF/FATEC/UFSM. 2009. 613p.

SENA, C. M. de. **Sementes Florestais: Colheita, Beneficiamento e Armazenamento**. Natal: MMA. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Departamento de Florestas. Programa Nacional de Florestas. Unidade de Apoio do PNF no Nordeste, 2008, 28p. color (Guias Técnicos, 2). Disponível em

<[http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/4134/Livro\\_Sementes-Florestais-Colheita-Beneficiamento-Armazenamento\\_MMA.pdf?sequence=1;isAllowed=y](http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/4134/Livro_Sementes-Florestais-Colheita-Beneficiamento-Armazenamento_MMA.pdf?sequence=1;isAllowed=y)>. Acesso: 22 jul. 2016.

SILVA, A. L.; OLIVEIRA, L. M.; ANDRADE, R. Q. Metodologia baseada no Algoritmo de Dijkstra para roteirização de pontos turísticos em Ouro Preto. In: SIMPOSIO ACADÊMICO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 6. Minas Gerais. **Anais eletrônicos...** Minas Gerais: UFV, 2010. Disponível em: <<http://www.saepro.ufv.br/wp-content/uploads/2010.2.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2016.

SILVA, L.D.; HIGA, A.R. Planejamento e implantação de pomares de sementes de espécies florestais nativas. In: HIGA, A.R. SILVA, L.D. **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF, 2006. p.93-138.

SOUSA, O. V.; FIORAVANTE, I. A.; YAMAMOTO, C. H.; ALVES, M. S.; DEL-VECHIO-VIERA; G.; ARAÚJO, A. L. A. Propriedades biológicas das sementes de *Joannesia princeps* Vellozo. **HU revista**, v. 33, n. 1, p. 23-27, 2007.

**ANEXOS**





## APÊNDICES

**APÊNDICE A.** Relação da marcação das matrizes nas populações estabelecidas de *Joannesia princeps* Vell., de ocorrência no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia.

<b>População 1 (Muritiba)</b>	<b>População 2 (Laje)</b>	<b>População 3 (Valença)</b>	<b>População 4 (P. T. Neves)</b>
494	519	549	563
495	520	550	564
496	521	551	565
497	522	552	566
498	523	553	567
499	524	554	568
500	525	555	569
501	526	556	570
502	527	557	571
503	528	558	572
504	529	559	573
505	530	560	574
506	531	561	575
507	532	562	576
508	533	-	577
509	534	-	-
510	535	-	-
511	536	-	-
512	537	-	-
513	538	-	-
514	539	-	-
515	540	-	-
516	541	-	-
517	542	-	-
518	543	-	-
-	544	-	-
-	545	-	-
-	546	-	-
-	547	-	-
-	548	-	-

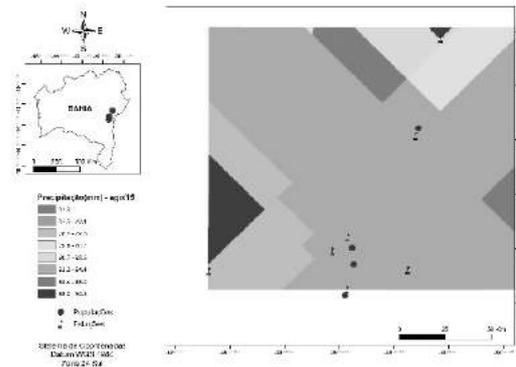
**APÊNDICE B.** Dados de fenologia das árvores marcadas de *Joannesia princeps* Vell. de ocorrência no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil. Mat (Matriz); Alt. (m) : (Altitude); AA (m): Altura Aproximada do Fuste; AAF (m): Altura Aproximada; DAP (m): Diâmetro à altura do Peito; DC (m): Diâmetro de Copa; Veg.: Vegetação; FC: Forma da Copa; FT: Forma do Tronco; Solo: Lat: Latossolo; Argi: Argisolo.

Mat	Alt	AA	AAF	DAP	DC	Veg.	FC	FT	Solo
494	207	10,7	5,00	0,09	5,5	Árv./arbustos	Umbeliforme	Reto	Lat.
495	198	11,0	1,5	0,21	5,5	Árv./arbustos	Umbeliforme	Reto	Lat.
496	200	14,0	3,00	0,38	5,0	Árv./arbustos	Umbeliforme	Bipartido	Lat.
497	202	11,0	1,77	0,21	7,5	Árv./arbustos	Umbeliforme	Reto	Lat.
498	202	11,9	1,98	0,24	7,0	Árv./arbustos	Esférica	Reto	Lat.
499	203	12,7	5,00	0,20	5,5	Árv./arbustos	Elipsóide	Bipartido	Lat.
500	199	12,3	6,00	0,35	7,5	Árv./arbustos	Cilíndrica	Bipartido	Lat.
501	196	13,4	2,4	0,24	6,5	Árv./arbustos	Esférica	Bipartido	Lat.
502	192	13,8	2,5	0,22	6,5	Árv./arbustos	Esférica	Reto	Lat.
503	187	13,6	2,4	0,24	5,5	Árv./arbustos	Umbeliforme	Reto	Lat.
504	191	13,7	2,24	0,22	7,0	Árv./arbustos	Elipsóide	Reto	Lat.
505	193	13,2	2,07	0,19	7,5	Árv./arbustos	Esférica	Reto	Lat.
506	188	10,9	3,00	0,19	4,5	Árv./arbustos	Esférica	Reto	Lat.
507	190	10,8	0,65	0,15	13,5	Árv./arbustos	Esférica	Reto	Lat.
508	193	13,0	2,4	0,23	4,0	Árv./arbustos	Umbeliforme	Reto	Lat.
509	197	12,9	2,6	0,22	6,5	Árv./arbustos	Esférica	Reto	Lat.
510	198	13,7	4,00	0,22	8,5	Árv./arbustos	Umbeliforme	Reto	Lat.
511	200	13,9	2,2	0,22	4,1	Árv./arbustos	Esférica	Reto	Lat.
512	207	9,7	0,66	0,42	5,5	Árv./arbustos	Umbeliforme	Bipartido	Lat.
513	211	5,4	1,8	0,12	6,0	Árv./arbustos	Umbeliforme	Reto	Lat.
514	211	7,4	2,6	0,22	15,5	Árv./arbustos	Umbeliforme	Reto	Lat.
515	206	7,2	2,15	0,18	5,5	Árv./arbustos	Esférica	Reto	Lat.
516	210	12,8	5,00	0,24	15,5	Árv./arbustos	Umbeliforme	Reto	Lat.
517	210	12,7	6,00	0,22	6,5	Árv./arbustos	Umbeliforme	Reto	Lat.
518	204	13,5	5,00	0,40	6,0	Árv./arbustos	Umbeliforme	Reto	Lat.
519	263	18,6	10,00	0,54	9,5	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.

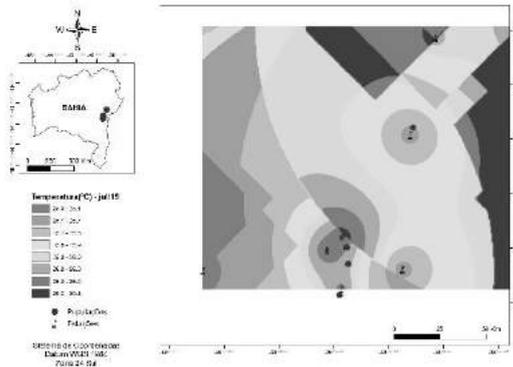
520	261	18,3	12,00	0,57	10,45	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.
521	259	18,2	9,00	0,62	12,0	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.
522	260	18,4	12,00	0,54	10,75	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.
523	260	18,2	10,00	0,44	9,15	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.
524	257	18,7	9,00	0,52	10,0	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.
525	255	18,6	15,00	0,54	10,9	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.
526	250	18,8	14,00	0,54	9,9	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.
527	250	20,0	14,00	0,49	10,35	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.
528	248	27,8	17,00	0,51	10,1	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.
529	248	21,8	15,00	0,44	9,5	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.
530	163	22,6	8,00	0,45	8,5	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.
531	188	29,5	15,00	0,38	6,5	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.
532	198	25,3	18,00	0,36	5,1	Cacaueiro	Esférica	Reto	Argi.
533	203	21,4	17,00	0,40	6,2	Cacaueiro	Esférica	Reto	Argi.
534	210	21,0	0,7	0,65	6,5	Cacaueiro	Umbeliforme	Bipartido	Argi.
535	230	18,3	6,00	0,36	6,0	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.
536	236	20,1	0,75	0,71	7,9	Cacaueiro	Umbeliforme	Bipartido	Argi.
537	242	18,0	5,00	0,38	7,05	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.
538	270	20,0	2,00	0,33	4,85	Cacaueiro	Esférica	Bipartido	Argi.
539	315	18,1	5,00	0,47	4,75	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.
540	312	18,4	6,00	0,41	5,15	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.
541	314	18,2	0,55	0,10	6,65	Cacaueiro	Umbeliforme	Tripartido	Argi.
542	311	18,5	9,00	0,38	7,0	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.
543	314	18,2	9,00	0,46	7,6	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.
544	313	18,4	19,00	0,42	6,25	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.
545	310	18,7	10,00	0,39	5,9	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Argi.
546	309	16,9	10,00	0,74	7,35	Cacaueiro	Umbeliforme	Bipartido	Argi.
547	288	18,5	9,00	0,38	4,65	Cacaueiro	Esférica	Reto	Argi.
548	276	18,7	5,00	0,54	6,35	Cacaueiro	Umbeliforme	Bipartido	Argi.
549	211	14,3	9,00	0,24	5,75	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Lat.
550	208	13,2	6,00	0,23	5,35	Cacaueiro	Esférica	Reto	Lat.

551	209	14,2	8,00	0,30	8,65	Cacaueiro	Esférica	Reto	Lat.
552	214	14,7	11,00	0,24	4,1	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Lat.
553	218	14,5	5,00	0,22	3,5	Cacaueiro	Esférica	Reto	Lat.
554	222	14,3	4,00	0,25	7,05	Cacaueiro	Umbeliforme	Bipartido	Lat.
555	217	14,00	4,00	0,27	8,15	Cacaueiro	Umbeliforme	Bipartido	Lat.
556	215	15,9	7,00	0,33	8,5	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Lat.
557	218	13,2	6,00	0,32	7,6	Cacaueiro	Umbeliforme	Bipartido	Lat.
558	223	13,1	6,00	0,27	7,45	Cacaueiro	Umbeliforme	Bipartido	Lat.
559	220	13,4	6,00	0,25	8,5	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Lat.
560	220	9,1	4,00	0,21	6,95	Cacaueiro	Umbeliforme	Bipartido	Lat.
561	217	15,4	8,00	0,29	7,45	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Lat.
562	217	15,6	6,00	0,38	11,75	Cacaueiro	Umbeliforme	Bipartido	Lat.
563	213	20,7	9,00	0,54	9,15	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Lat.
564	199	20,6	6,00	0,54	11,6	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Lat.
565	199	20,8	9,00	0,53	11,5	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Lat.
566	197	21,2	7,00	0,54	13,75	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Lat.
567	196	21,3	15,00	0,53	9,4	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Lat.
568	196	20,1	6,00	0,57	10,95	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Lat.
569	198	20,3	7,00	0,53	12,5	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Lat.
570	192	18,5	7,00	0,38	10,2	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Lat.
571	198	19,6	8,00	0,62	14,0	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Lat.
572	199	19,4	6,00	0,60	14,5	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Lat.
573	207	16,5	7,00	0,29	14,0	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Lat.
574	214	21,7	5,00	0,60	13,0	Cacaueiro	Umbeliforme	Bipartido	Lat.
575	213	21,9	4,00	0,61	12,95	Cacaueiro	Umbeliforme	Bipartido	Lat.
576	207	17,4	8,00	0,41	5,5	Cacaueiro	Elipsoide	Reto	Lat.
577	210	20,7	6,00	0,66	11,0	Cacaueiro	Umbeliforme	Reto	Lat.

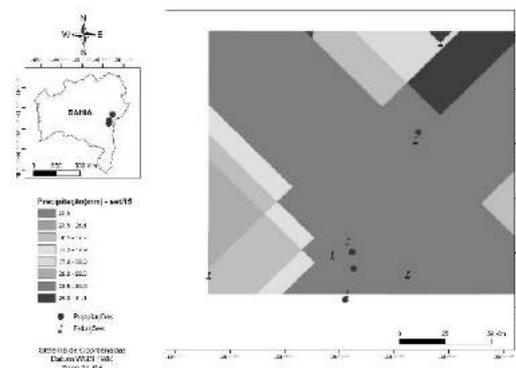
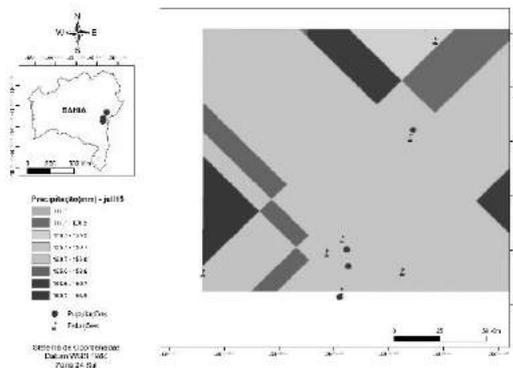
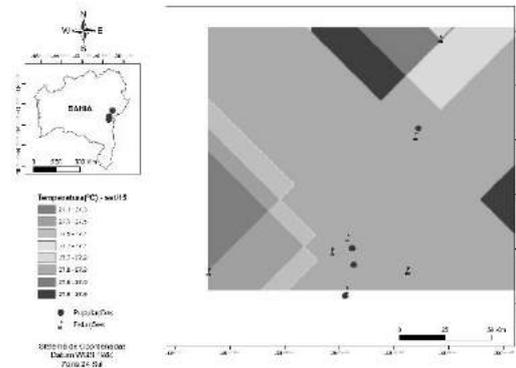
**APÊNDICE C.** Mapas com médias mensais de temperatura e pluviometria para as regiões das populações de *Joannesia princeps* Vell. ocorrentes no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil, pelo o método geoestatístico de krigagem.



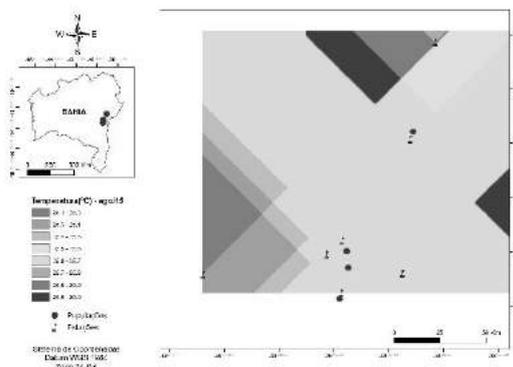
Julho de 2015



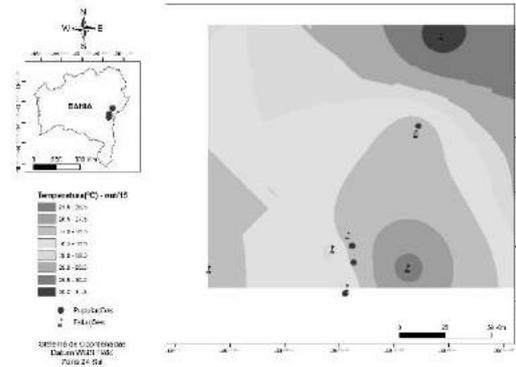
Setembro de 2015



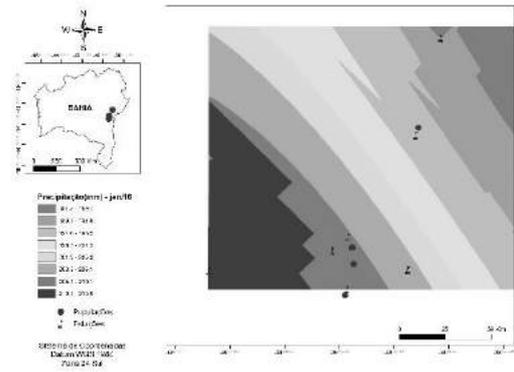
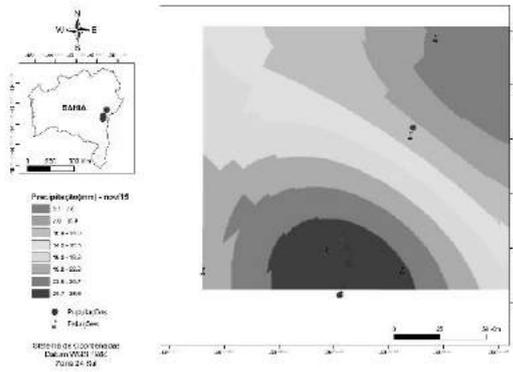
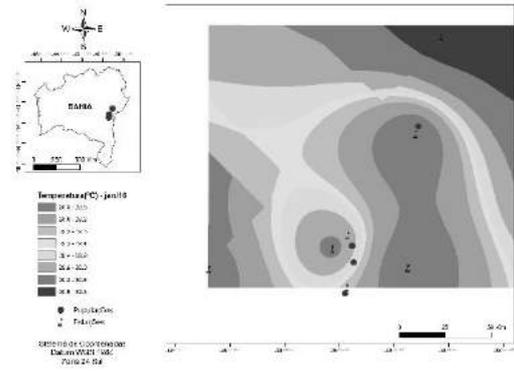
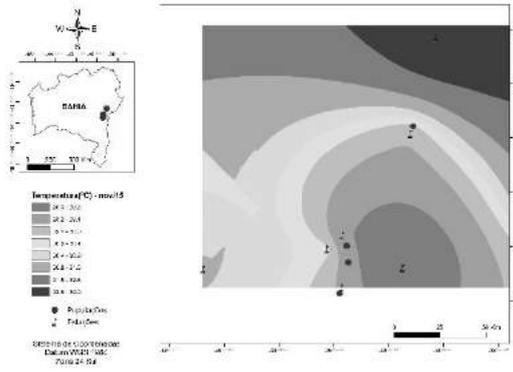
Agosto de 2015



Outubro de 2015

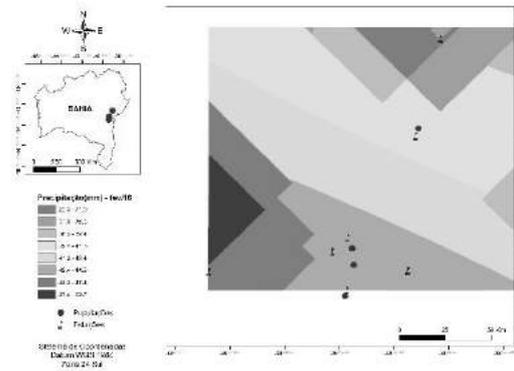
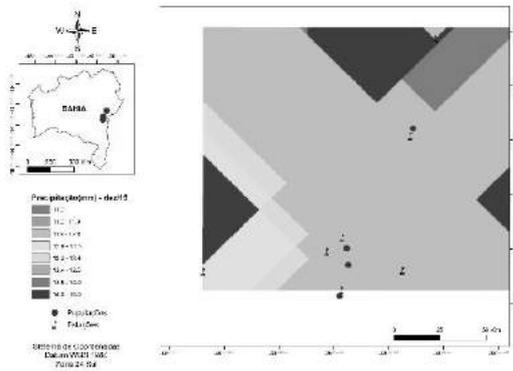
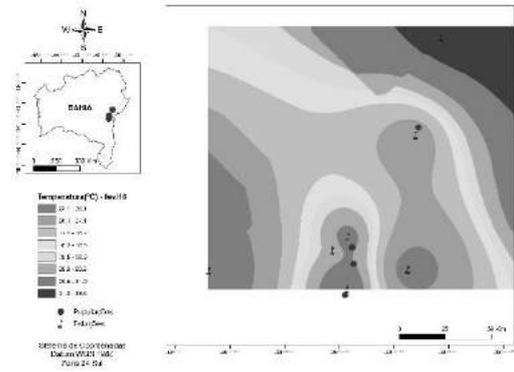
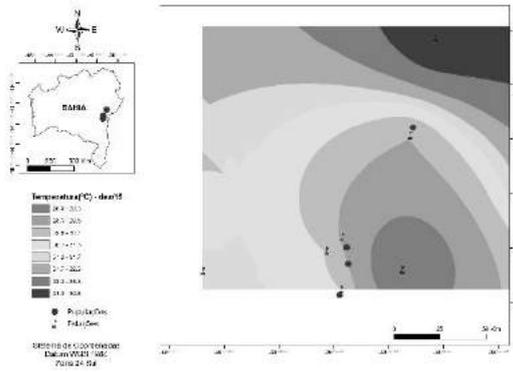


Novembro de 2015



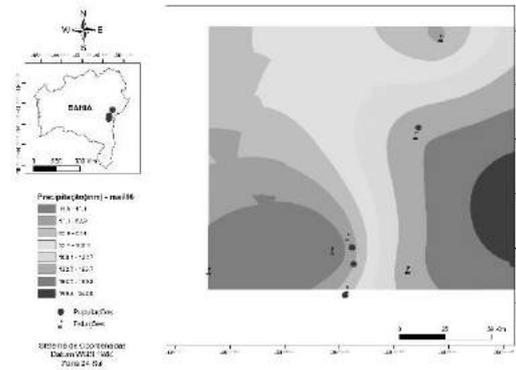
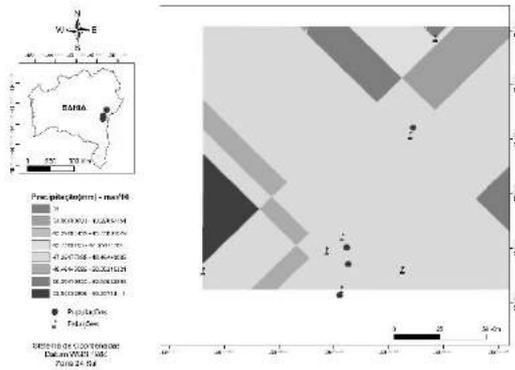
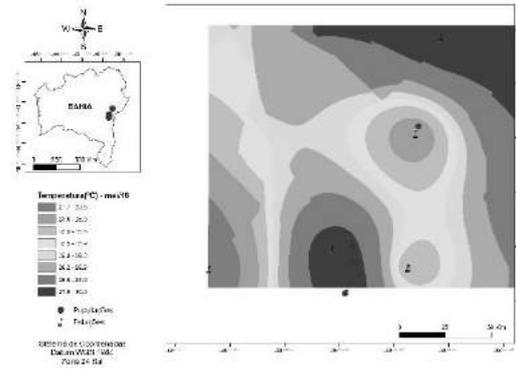
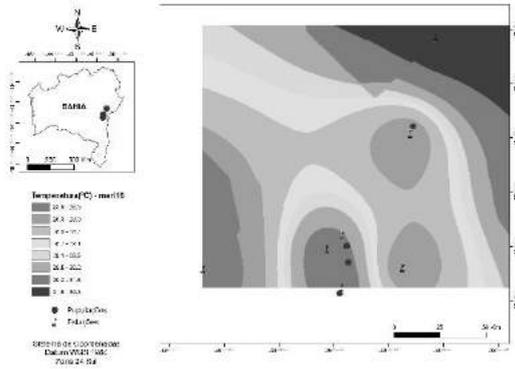
Dezembro de 2015

Fevereiro de 2016



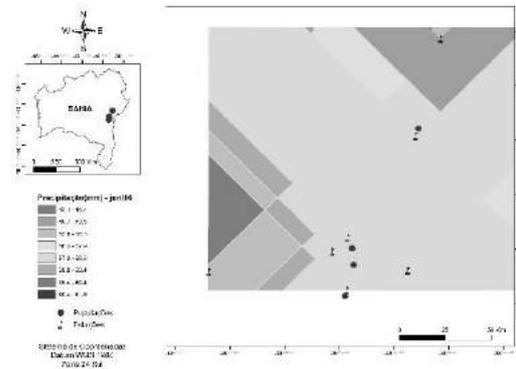
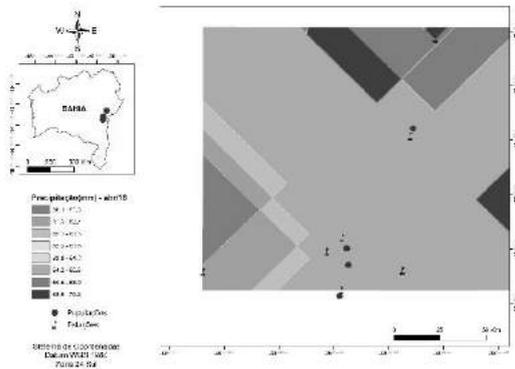
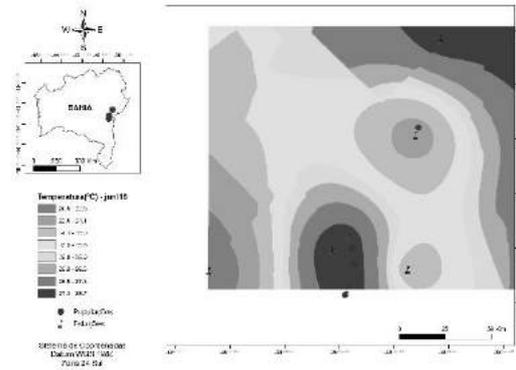
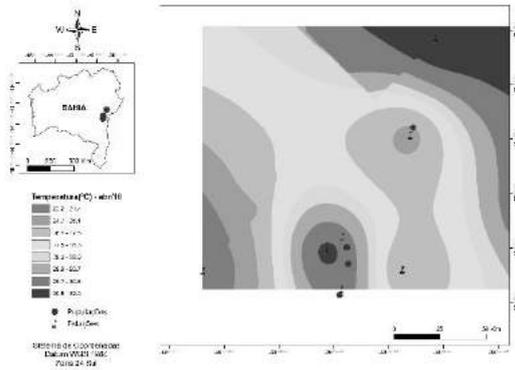
Janeiro de 2016

Março de 2016



**Abril de 2016**

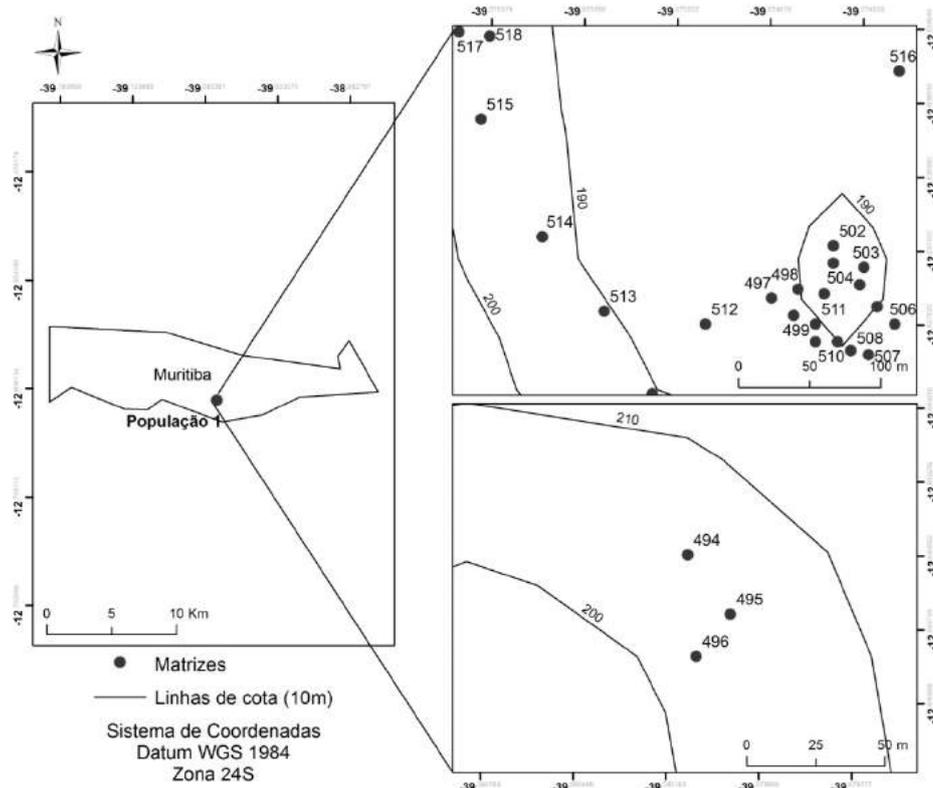
**Junho de 2016**



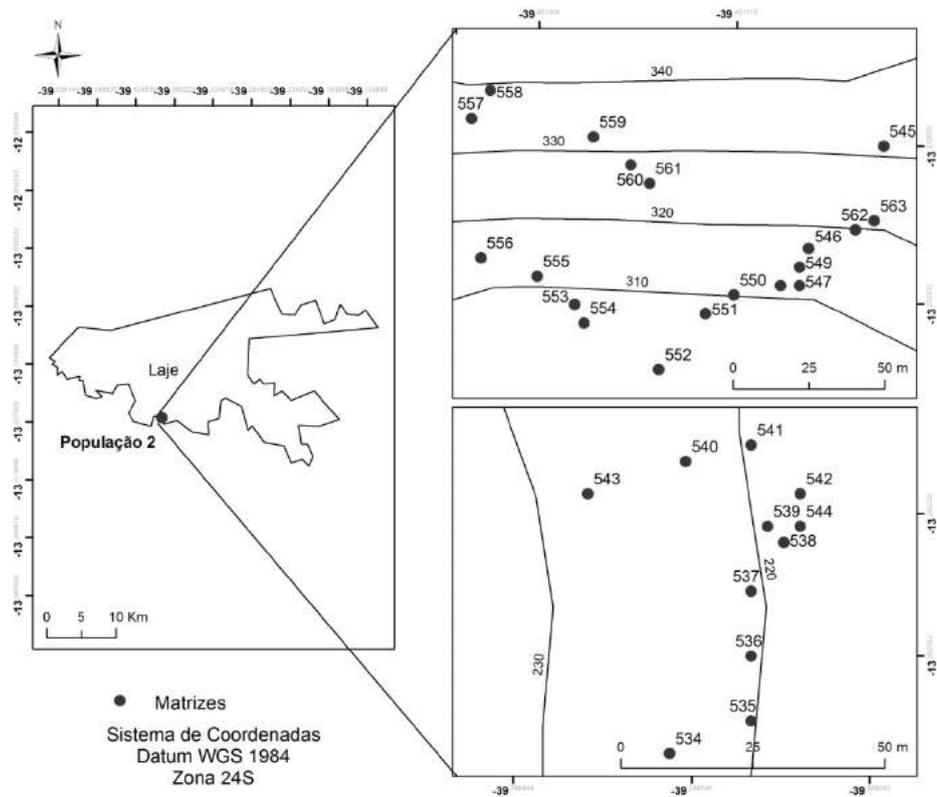
**Mai de 2016**

**APÊNDICE D.** Mapas de localização das populações e matrizes de *Joannesia princeps* Vell. ocorrentes no Recôncavo e Baixo Sul da Bahia, Brasil: população 1 (Muritiba), população 2 (Laje), população 3 (Valença), população 4 (Presidente Tancredo Neves).

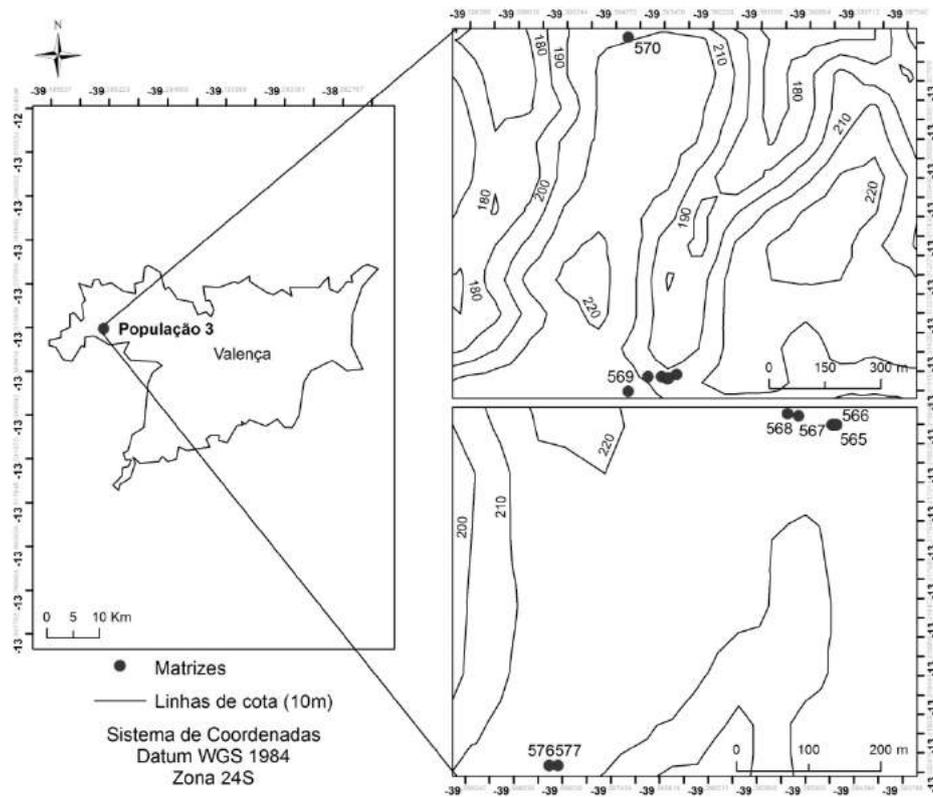
### POPULAÇÃO 1



## POPULAÇÃO 2



## POPULAÇÃO 3



## POPULAÇÃO 4

