

Universidade Federal do Rio de Janeiro

*Campus* UFRJ-Macaé Professor Aloisio Teixeira

Programa de Pós- Graduação em Ciências Ambientais e Conservação

**Aspectos fenológicos de espécies arbóreas e arbustivas  
em formações vegetacionais abertas no Parque  
Nacional da Restinga de Jurubatiba, Carapebus, Rio  
de Janeiro, Brasil.**

Natalia Candido Machado

Macaé

Abril 2013

Universidade Federal do Rio de Janeiro

*Campus* UFRJ-Macaé Professor Aloisio Teixeira

Programa de Pós- Graduação em Ciências Ambientais e Conservação

**Aspectos fenológicos de espécies arbóreas e arbustivas em  
formações vegetacionais abertas no Parque Nacional da  
Restinga de Jurubatiba, Carapebus, Rio de Janeiro, Brasil.**

**Natalia Candido Machado**

Orientadora

**Tatiana Ungaretti Paleo Konno**

Macaé

Abril de 2013

Natalia Candido Machado

**Aspectos fenológicos de espécies arbóreas e arbustivas em formações vegetacionais abertas no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Carapebus, Rio de Janeiro, Brasil.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Conservação da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Conservação.

Banca examinadora

Tatiana Ungaretti Paleo Konno (UFRJ/Campus Macaé) \_\_\_\_\_

Ana Tereza Araújo Rodarte (UFRJ/Museu Nacional) \_\_\_\_\_

Rodrigo Lemes Martins (UFRJ/Campus Macaé) \_\_\_\_\_

Lísia Monica Gestinari (UFRJ/Campus Macaé) \_\_\_\_\_

Heloisa Alves de Lima (UFRJ/Museu Nacional) \_\_\_\_\_

Macaé

Abril de 2013

## FICHA CATALOGRÁFICA

MACHADO, N. C.

Aspectos fenológicos de espécies arbóreas e arbustivas em formações vegetacionais abertas no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Carapebus, Rio de Janeiro. Brasil. i-vi + 83 páginas

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

1. Fenologia 2. Restinga 3. Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba  
4. Norte Fluminense 5. Brasil

*Dedico este trabalho*

*Aos meus amados pais João Batista e Elisabeth*

*Ao meu irmão João Carlos*

*A minha afilhada Beatriz*

*Em especial ao Kleydson*

## Sumário

LISTA DE FIGURAS E TABELAS .....	vivii
Agradecimentos.....	xi
Resumo .....	xiii
Abstract.....	xv
Introdução Geral .....	1
Material e métodos.....	4
As espécies estudadas.....	7
Fenologia.....	11
1	
Considerações finais.....	14
Referências Bibliográficas.....	17
Capítulo I.....	24
Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas e arbustivas em formações vegetacionais abertas no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Carapebus, Rio de Janeiro. Brasil.....	
Introdução.....	255
Materiais e Métodos.....	266
Resultados e Discussão .....	30
Fenologia Reprodutiva .....	33
Conclusão .....	40
Referências Bibliográficas.....	50
Capítulo II.....	544
Relações entre as variáveis climáticas e índice de atividade de fenofases reprodutivas em espécies arbóreas e arbustivas, em formações vegetacionais abertas do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Rio de Janeiro. Brasil. ....	
Introdução.....	55
Materiais e Métodos.....	56
Resultados e Discussão .....	57
Conclusão .....	61
Referências bibliográficas .....	66
Capítulo III .....	68
Distribuição Qualitativa Anual de Recursos Florais e Frutíferos ao Longo do Ano de espécies arbóreas e arbustivas em formações aberta de Clusia e aberta de Ericaceae no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Carapebus, Rio de Janeiro. Brasil. ....	
Introdução.....	69
Material e Métodos .....	71
Resultados e Discussão .....	744
Conclusão .....	80
Conclusão Geral.....	81
Referências Bibliográficas.....	80

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

### INTRODUÇÃO GERAL

- Figura 1. Mapa de localização do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Rio de Janeiro, Brasil. Em cinza área do estudo fenológico. No detalhe a estrada da Fazenda São Lázaro com o posicionamento dos indivíduos monitorados na fenologia. .... 6
- Figura 2. Espécies selecionadas para o estudo fenológica no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ, Brasil. A-C. *Agarista revoluta*: A. Hábito, B. Flores, C. Frutos; D-F. *Allagoptera arenaria*: D. Hábito, E. Flores, F. Frutos; G-I. *Byrsonima sericea*: G. Hábito, H. Flores, I. Frutos; J-L. *Clusia hilariana*: J. Hábito, K. Flores, L. Frutos; M-O. *Humiria balsamifera*: M. Hábito, N. Flores, O. Frutos..... 15
- Figura 3. Espécies selecionadas para o estudo fenológica no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ, Brasil. A-C. *Manilkara subsericea*: A. Hábito, B. Flores, C. Frutos; D-F. *Myrcia lundiana*: D. Hábito, E. Flores, F. Frutos; G-I *Ocotea notata* : G. Hábito, H. Flores, I. Frutos; J-L. *Protium icicariba*: J. Hábito, K. Flores, L. Frutos. ... 16

### CAPITULO I

- Figura 1: Mapa de localização das setes áreas amostrais selecionadas para o estudo fenológico no PNRJ. Marrom: estrada da Fazenda São Lázaro. Círculo preto: espécimes monitorados. .... 29
- Tabela 1. Espécies selecionadas para estudo fenológico no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. Formação aberta de *Clusia* (FAC); Formação aberta de *Ericácea* (FAE), Formação de Pós-Praia (PP). Herbário do Instituto de Biologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (RFA). .... 31
- Tabela 2 Distribuição da ocorrência das fenofases reprodutivas de espécies vegetais no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. Período de Março de 2011 a Março de 2013. Espécies: *Allagoptera arenaria* (Aare); *Agarista revoluta* (Arev); *Byrsonima sericea* (Bser); *Clusia hilariana* (Chil); *Humiria balsamifera* (Hbal); *Manilkara subsericea* (Msub); *Myrcia lundiana* (Mlun); *Ocotea notata* (Onot); *Protium icicariba* (Pici). Espécies dióicas identificadas por ♀ (feminino) e ♂ (masculino). Picos de atividade marcados com asterisco (\*).Em cinza os meses em que as fenofases forma observadas. .... 32
- Tabela 3. Caracterização geral dos eventos reprodutivos, floração e frutificação, quanto ao ciclo, duração e sincronia para espécies arbustivas e arbóreas do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. Duração: Curta (↓), Longa (↑), Intermediária (↔) Int. intermediária; Sincronia: assincrônico (Assinc), pouca sincronia (↓Sinc), alta sincronia (↑Sinc). Não se aplica (N/A)..... 33
- Figura 2. Diagrama ombrotérmico das médias de dados de 1961 a 1990 (Fonte) da estação meteorológica automática de Macaé (22°23'S / 41°49'W). À esquerda, períodos secos (P<2T) à direita períodos subsecos (P<3T). Tmed: temperaturas médias; Pluvio: precipitação pluviométrica. .... 39
- Figura 3. Diagrama ombrotérmico referente ao período de Abril de 2011 a Março de 2013 para a estação meteorológica automática de Macaé (22°23'S / 41°49'W). Períodos

secos ( $P < 2T$ ). Tmed: temperaturas médias; Pluvio: precipitação pluviométrica . Fonte: INMET.....	39
Figura 4. Análise circular da floração e frutificação das espécies arbustivo-arbóreas do PNRJ, não dióicas. A-D. <i>Allagoptera arenaria</i> : A-B. Primeiro Ano. A. Floração, B. Frutificação; C-D: Segundo Ano: C. Floração, D. Frutificação; E-H. <i>Agarista revoluta</i> : . E-F. Primeiro Ano. E. Floração, F. Frutificação; G-H: Segundo Ano: G. Floração, H. Frutificação. As barras azuis indicam o índice de atividade (IA). O vetor indica o ângulo médio (dia) de ocorrência da fenofase. O comprimento do vetor médio expressa o índice $r$ .....	41
Figura 5. Análise circular da floração e frutificação das espécies arbustivo-arbóreas do PNRJ, não dióicas. A-D. <i>Byrsonima sericea</i> : A-B. Primeiro Ano. A. Floração, B. Frutificação; C-D: Segundo Ano: C. Floração, D. Frutificação; E-H. <i>Humiria balsamifera</i> : . E-F. Primeiro Ano. E. Floração, F. Frutificação; G-H: Segundo Ano: G. Floração, H. Frutificação. . As barras azuis indicam o índice de atividade (IA). O vetor indica o ângulo médio (dia) de ocorrência da fenofase. O comprimento do vetor médio expressa o índice $r$ .....	42
Figura 6. Análise circular da floração e frutificação das espécies arbustivo-arbóreas do PNRJ, não dióicas. A-D. <i>Manilkara subsericea</i> : A-B. Primeiro Ano. A. Floração, B. Frutificação; C-D: Segundo Ano: C. Floração, D. Frutificação; E-H. <i>Myrcia lundiana</i> : E-F. Primeiro Ano. E. Floração, F. Frutificação; G-H: Segundo Ano: G. Floração, H. Frutificação. As barras azuis indicam o índice de atividade (IA). O vetor indica o ângulo médio (dia) de ocorrência da fenofase. O comprimento do vetor médio expressa o índice $r$ .....	43
Figura 7. Análise circular da floração e frutificação das espécies arbustivo-arbóreas do PNRJ, não dióicas. A-D. <i>Protium icariba</i> : A-B. Primeiro Ano. A. Floração, B. Frutificação; C-D: Segundo Ano: C. Floração, D. Frutificação. As barras azuis indicam o índice de atividade (IA). O vetor indica o ângulo médio (dia) de ocorrência da fenofase. O comprimento do vetor médio expressa o índice $r$ .....	44
Figura 8. Análise circular da floração e frutificação das espécies arbustivo-arbóreas do PNRJ, dióicas. <i>Clusia hilariana</i> : A-C. Primeiro Ano. A. Floração feminina, B. Floração masculina, C. Frutificação; D-F: Segundo Ano: D. Floração feminina, E. Floração masculina, F. Frutificação. As barras azuis indicam o índice de atividade (IA). O vetor indica o ângulo médio (dia) de ocorrência da fenofase. O comprimento do vetor médio expressa o índice $r$ .....	45
Figura 9. Análise circular da floração e frutificação das espécies arbustivo-arbóreas do PNRJ, dióicas. <i>Ocotea notata</i> : A-C. Primeiro Ano. A. Floração feminina, B. Floração masculina, C. Frutificação; D-F: Segundo Ano: D. Floração feminina, E. Floração masculina, F. Frutificação. As barras azuis indicam o índice de atividade (IA). O vetor indica o ângulo médio (dia) de ocorrência da fenofase. O comprimento do vetor médio expressa o índice $r$ .....	46
Figura 10. Análise circular total da floração e frutificação das espécies arbustivo-arbóreas do PNRJ. A-B. Primeiro Ano: A. Floração, B. Frutificação. C-D. Segundo Ano: C. Floração, D. Frutificação. As barras azuis indicam o índice de atividade (IA). O vetor indica o ângulo médio (dia) de ocorrência da fenofase. O comprimento do vetor médio expressa o índice $r$ .....	47
Tabela 4: Resultados dos testes de estatística circular para ocorrência de sazonalidade e data média para duas fenofases para cada ano no Parque Nacional da Restinga de	

Jurubatiba, RJ, Brasil. \* = somatório anual do número de observações de cada fenofase; *ns* = diferença não significativa ( $p > 0,05$ ); - = sem data média calculada..... 48

## CAPÍTULO II

Tabela 1. Autovalores dos eixos na análise de componentes principais (PCA). A: Dados no primeiro ano de coleta (abril de 2011 à março de 2012); B: dados do segundo ano de estudo (abril de 2012 à março de 2013)..... 58

Figura 1. Análise de componentes principais (PCA 1 e PCA 2), os escores dos eixos são resultados da interação entre os períodos de coleta e os fatores climáticos: pluviosidade, pressão, radiação, temperatura máxima, temperatura mínima e umidade. A: primeiro ano de coleta (Abril de 2011 à Março de 2012); B: segundo ano de estudo (Abril de 2012 à Março de 2013). ..... 58

Tabela 2. Índices de correlação de Spearman (*rs*). Correlação entre as médias e somatório quinzenais dos fatores climáticos e as fenofases de floração e frutificação. Entre parênteses o valor do índice de correlação de Spearman (*rs*) para  $p < 0,05$ . A: primeiro ano; B: segundo ano. (Plu= pluviosidade; PA = pressão atmosférica; Rad = radiação; Tem = temperatura e Umi = umidade. asterisco (\*) = sem correlação significativa. N/A = não se aplica. .... 63

Figura 2. Valores de *r* nas correlações de Spearman entre as variáveis climáticas e o índice de atividade. A-B. Primeiro Ano: A. Floração, B. Frutificação. C-D. Segundo ano: C. Floração, D. Frutificação. .... 64

Figura 3. Percentual das correlações de Spearman para o primeiro e segundo ano de observações fenológicas. A-D. Primeiro ano: A.. percentual de significância entre os eventos floração e frutificação; B. percentual das variáveis climáticas significativas; C. percentual de variáveis climáticas significativas na fenofase flor em antese, D. percentual de variáveis significativas na fenofase frutos maduros. E-H. Segundo ano: E.. percentual de significância entre os eventos floração e frutificação; F. percentual das variáveis climáticas significativas; G. percentual de variáveis climáticas significativas na fenofase flor em antese, H. percentual de variáveis significativas na fenofase frutos maduros. Variáveis climáticas: T. máx = temperatura máxima, T. mín = temperatura mínima, Pa = Pressão atmosférica, Umi = Umidade e Rad = radiação. .... 65

## CAPÍTULO III

Figura 1. Etapas da análise nutricional de frutos de espécies nativas do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. Laboratório Integrado de Química (NUPEM/UFRJ). A. Polpa fresca e homogeneizada dos frutos após pesagem; B. Polpa desidratada após permanência de 4 horas em estufa; C. Equipamentos para extração de lipídeos, D. Balão volumétrico no processo de extração de lipídeos; E. Equipamento para destilação de nitrogênio; F. Amostras para quantificação de proteínas. .... 73

Tabela 1: Recursos florais, caracterização dos diásporos e síndrome de dispersão de espécies nativas no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. .... 74

Figura 2: Flores com identificação do recurso floral de espécies nativas no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. A-D: Pólen. A-B. *Byrsonima sericea*; C-D. *Myrcia lundiana*. E-G: Néctar. C-D. *Humiria balsamifera*; G. *Manilkara subsericea*. H: Resina e Pólen em *Clusia hilariana*..... 76

Tabela 2: Valor energético total (kcal 100g-1) e características físico-químicas (g 100g-1) de frutos de espécies nativas no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ.

<sup>1</sup>Dados apresentados com média  $\pm$  desvio padrão de três replicatas/amostras. Amostras

analisadas em base úmida. Hífen=não analisado. *Allagoptera arenaria* (Aare); *Byrsonima sericea* (Bser); *Clusia hilariana* (Chil); *Humiria balsamifera* (Hbal); *Manilkara subsericea* (Msub); *Myrcia lundiana* (Mlun); *Ocotea notata* (Onot); *Protium icicariba* (Pici).....77

Figura 2: Gráfico de caracterização energética e nutricional de espécies nativas no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. *Allagoptera arenaria* (Aare); *Byrsonima sericea* (Bser); *Clusia hilariana* (Chil); *Humiria balsamifera* (Hbal); *Manilkara subsericea* (Msub); *Myrcia lundiana* (Mlun); *Ocotea notata* (Onot); *Protium icicariba* (Pici).....78

## Agradecimentos

À minha orientadora Tatiana Ungaretti Paleo Konno, por tudo, por tudo que me ensinou e principalmente pela sua amizade, conselhos e pelo companheirismo nesses longos anos de convivência.

À professora Ana Rodarte por varias sugestões ao longo do mestrado e pela sua amizade.

À professora Ana Petry pelo apoio, toda ajuda em estatística e na leitura do manuscrito e principalmente pela sua amizade.

Ao professore Rodrigo Lemes pelas sugestões no projeto.

À professora Lísia Gestinari, pela amizade ao longo desses anos.

Ao Laboratório Integrado de Produtos Naturais por toda infraestrutura para análise da composição centesimal dos frutos, e para as pessoas que me auxiliaram muito nesse processo, Bruno, Eduardo, Evelyn, Daniele e em especial a Nathalia Nocchi por toda ajuda no laboratório.

A todos os meus amigos do mestrado, com quem tive o prazer de dividir minhas dúvidas, alegrias e descobertas da vida acadêmica em especial Bruno Forte, Carol Clezar, Evelyn Raposo, Gabriela Maia, Hudson Lemos, Paula Catelani e Rayane Matos, sentirei saudades de todos vocês queridos...

A todos os meus amigos de graduação, em especial Cristiane Terra, Laíz Araújo, Mariana Macedo e Taciana Xavier.

Ao amigo João Marcelo por me conduzir um muitas saídas de campo, ao Hudson Lemos pela companhia em campo.

Ao meu colega de laboratório Ricardo Seixas pela companhia e risadas em muitos dos 49 campos realizados para este projeto.

À minha grande companheira de todas as horas, Nathalia Nocchi, minha *BFF (Best Friend Forever)* com quem compartilhei muitos dos momentos de minha vida nesses últimos sete anos e com quem pude contar em todas as horas.

Ao meu querido irmão João Carlos que sempre me apoiou imensamente.

À Beatriz Machado por ser uma afilhada maravilhosa, carinhosa e por me trazer tantas alegrias.

Agradeço também ao meu pai, João Batista, e minha mãe, Elisabeth, por todo apoio, carinho. Meu muito obrigado e quero dizer que amo vocês imensamente.

Ao meu companheiro Kleydson Souza pelo amor, carinho, por caminhar comigo durante essa jornada da minha vida. Pelo apoio e compreensão na minha vida acadêmica e pelas alegrias proporcionadas pela sua companhia nesses anos.

A todos meus familiares que entenderam minha ausência durante minhas atividades acadêmicas.

À FAPERJ pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Conservação.

Ao Instituto de Meteorologia (INMET) pelos dados meteorológicos concedidos.

E a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram ao longo destes anos para minha formação acadêmica e pessoal, João Marcelo, Seu Paulo, Manoel, Alexandre Ramos, Amarildo e Lena, desculpem se esqueci de citar alguém...

... *"Se não houver frutos, valeu a beleza das flores;  
se não houver flores, valeu a sombra das folhas;  
"se não houver folhas, valeu a intenção da semente."*

(Henfil)

## Resumo

Fenologia é definida como o estudo da regulação do ritmo sazonal dos eventos da história de vida dos organismos. Tais eventos podem funcionar como indicadores das respostas das plantas às condições climáticas de uma região, sendo a fenologia uma ferramenta valiosa na avaliação das mudanças climáticas globais. No Brasil o ecossistema de restinga tem um longo histórico de degradação, seja pela expansão urbana ou por atividades econômicas estratégicas como a exploração petrolífera. O estado do Rio de Janeiro é a única unidade federativa a abrigar uma Unidade de Conservação (UC) Federal, que preserva unicamente este ecossistema, o Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (PNRJ). O presente estudo visa, desta forma, estabelecer um perfil fenológico reprodutivo (floração e frutificação) para espécies vegetais nativas da restinga, correlacionando estes eventos às condições climáticas locais, bem como caracterizar qualitativamente os recursos alimentares disponibilizados à fauna por essas espécies. As espécies foram selecionadas com base em sua importância estrutural na vegetação de restinga. Ao menos 10 indivíduos por espécie foram marcados e as fenofases (botão floral, flor em antese, fruto verde e fruto maduro) monitoradas quinzenalmente, entre Abril de 2011 e Março de 2013, quanto à intensidade e atividade. As variáveis climáticas foram obtidas através do Instituto Nacional de Meteorologia. Foi aplicada uma análise estatística circular, bem como testes de correlação. Nove espécies compõem este estudo, a saber: *Allagoptera arenaria*, *Agarista revoluta*, *Byrsonima sericea*, *Clusia hilariana*, *Humiria balsamifera*, *Myrcia lundiana*, *Manilkara subsericea*, *Ocotea notata* e *Protium icicariba*, totalizando 111 indivíduos amostrados. Sete espécies apresentaram apenas floração e/ou frutificação num período de 12 meses, sendo consideradas anuais. Apenas *H. balsamifera* tem floração e frutificação contínua. A duração das fenofases é geralmente intermediária, variando de 5 a 20 semanas. A frequência de indivíduos em floração ou frutificação por espécie é, em sua maioria, baixa. Seis das nove espécies deste estudo florescem preferencialmente de Julho a Dezembro.

*Humiria. balsamifera*, *M. lundiana* e *O. notata* concentraram a floração de Janeiro a Junho. *Myrcia lundiana* apresentou frutificação com regularidade nos dois ciclos de 12 meses entre Julho e Setembro. *Ocotea notata*, demonstrou regularidade de Outubro a Dezembro, enquanto *B. sericea*, *C. hilariana* e *P. icicariba* esta cadência ocorreu de Janeiro a Março. Considerando os resultados do presente estudo, percebe-se que o oferecimento de recursos florais ou frutos se dá ao longo de todo o ano, variando entre os anos na intensidade dos eventos. Não foi possível estabelecer uma conexão do ritmo fenológico das espécies com os períodos secos e chuvosos registrados de Abril de 2011 a Março de 2013. Contudo, é clara a relação dos eventos com as alterações de fotoperíodo, quando estes são analisados com base nos equinócios e solstícios anuais. Desta forma, *A. revoluta*, *B. sericea*, *C. hilariana*, *M. subsericea* e *P. icicariba* podem ser caracterizadas como espécies de dia longo, com flores em antese (FA) sempre

iniciando antes ou após o equinócio de Setembro, i.e., entre a Primavera e o Verão. As espécies de dia curto foram apenas *Myrcia lundiana* e *Ocotea notata*. Esta classificação só não foi consistente entre os anos para *A. arenaria*. *H. balsamifera* não respondeu ao fotoperíodo. Nas análises de correlações de Spearman todas as espécies apresentaram correlação significativa entre o índice de atividade (IA) das fenofases flores em antese (FA) e frutos maduros (FM), com alguma das variáveis climáticas (pluviosidade, pressão atmosférica, temperatura e umidade do ar), seja no primeiro ano, no segundo ou em ambos. Destaca-se *Ocotea notata* (masculina) e *Protium icicariba* que não apresentaram correlação significativa ( $p > 0.05$ ) com nenhuma variável climática no segundo ano. *Agarista revoluta* e *Myrcia lundiana* apresentaram correlações significativas com temperatura e pressão atmosférica somente com FM. As correlações significativas corroboram a hipótese que os fatores climáticos em ambientes de restinga são determinantes do ciclo fenológico. A caracterização da composição centesimal dos frutos não foi suficiente para classificá-los quanto ao valor nutricional, porém destacou o potencial calórico de *A. arenaria*. O consumo destes frutos pela fauna local, especialmente aves, evidencia a relação planta/animal como fator relevante na manutenção da dinâmica dos ecossistemas. Frente às questões relacionadas à influência das mudanças climáticas globais sobre a biota, a fenologia surge como um instrumento, fundamentalmente interdisciplinar e de alta aplicabilidade, ecossistêmica.

## Abstract

Phenology is defined as the study of the regulation of the seasonal rhythm of events in organisms' life history. Such events can act as indicators of plant responses to the weather and soil conditions of a region and phenology is thus a valuable tool in the assessment of global changes. The *restinga*, or ocean coast sandbank, ecosystem in Brazil has a long history of degradation, caused by either urban sprawl or by strategic economic activities such as oil exploration. The state of Rio de Janeiro is the only state to house a Federal Conservation Unit (FCU) exclusively focused on preserving this ecosystem: the Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (PNRJ).

The present study aims to establish a reproductive phenological profile (flowering and fruiting) for plant species native to the *restinga*, correlating these events to the local climate and qualitatively characterizing the food resources these species represent for local wildlife. The species studied were selected based on their structural importance in *restinga* vegetation. At least 10 individuals of each species were selected and their phenophases (bud, flowering at anthesis, green fruit and ripe fruit) were monitored fortnightly between April 2011 and March 2013 in order to measure intensity (using a semi-quantitative scale or Fournier Index). Climatic variables were obtained via the National Institute of Meteorology. A circular statistical analysis was applied, as well as correlation and significance tests.

Nine species were included in this study, namely: *Allagoptera arenaria*, *Agarista revoluta*, *Byrsonima sericea*, *Clusia hilariana*, *Humiria balsamifera*, *Myrcia lundiana*, *Manilkara subsericea*, *Ocotea notata* and *Protium icicariba*, totaling 111 sampled individuals. Seven species showed only one cycle of flowering and/or fruiting during a 12 month period and these are considered to be annual species. Only *H. balsamifera* shows continuous flowering and fruiting throughout the year. The duration of phenophases is generally intermediate, varying between 5 to 20 weeks. The frequency of flowering or fruiting individuals in each species is generally low. Six of the nine species in this study preferentially bloom from July to December. *H. balsamifera*, *M. lundiana* and *O. notata* generally flowered from January to June. *M. lundiana* was the species to exhibit regular fruiting between July and September in both of the 12 month cycles. This regularity is found in *O. notata*, from October to December, and *B. sericea*, *C. hilariana* and *P. icicariba* from January to March. Considering the sample as a whole, it is clear that the production of fruit or floral resources occurs throughout the year, varying from year to year in terms of its intensity. We were unable to establish a connection between the species' phenological rhythm and the dry and rainy periods recorded from April 2011 to March 2013. However, it is clear that there is a relationship of events to the changes in photoperiod, when these are analyzed based on equinoxes and

solstices. Thus, *A. revoluta*, *B. sericea*, *C. hilariana*, *M. subsericea* and *P. icicariba* can be characterized as long day (LD) with the FA always beginning before or after the September equinox ( i.e. between spring and summer). The only short day (SD) species were *M. lundiana* and *O. notata*. This classification was not consistent from one year to the next for *A. arenaria*, however. *H. balsamifera* responded neutrally to photoperiod. In our analysis of Spearman correlations, all species showed significant correlations between the IA of the FA and FM phenophases, with some climatic variables (rainfall, air pressure, temperature and humidity), either in the first or second year or both. *O. notata* (*male*) and *P. icicariba* are both notable here in that they showed no significant correlation ( $p < 0.05$ ) with no climatic variables in the second year. *A. revoluta* and *M. lundiana* showed significant correlations for temperature and atmospheric pressure with FM only.

The significant correlations support the hypothesis that climatic factors in *restinga* environments are determinative for the phenological cycle. Characterization of the chemical composition of the fruit was insufficient to classify them with regards to their nutritional value, but it was enough to highlight the caloric potential of *A. arenaria*. The consumption of these fruits by local wildlife (and especially by birds) shows plant / animal relationships to be a relevant factor in the maintenance of ecosystem dynamics. In the face of issues related to the influence of global climate changes on biota, phenology is shown to be a fundamentally interdisciplinary instrument, with both high economic and ecosystemic applicability

## Introdução Geral

A fenologia estuda a ocorrência de eventos biológicos repetitivos e sua relação com mudanças no meio biótico (polinizadores, dispersores) e no meio abiótico (pluviosidade, temperatura, radiação, fotoperíodo) (Lieth 1974; Morellato *et al.* 1990). Desse modo, fenologia (do grego *phainein*, exibir, surgir ou tornar-se visível) é definida como o estudo da regulação do ritmo sazonal dos eventos da história de vida dos organismos (Rathcke & Lacey 1985).

As diferentes fases fenológicas ou fenofases são caracterizadas como fases do desenvolvimento das plantas, tais como germinação, emergência, crescimento e desenvolvimento vegetativos, floração e frutificação, identificando as épocas de ocorrência e as respectivas características (Câmara 1998). São quatro as principais fenofases consideradas na maioria dos estudos em plantas: senescência foliar, brotamento foliar, floração e frutificação (Antunes & Ribeiro 1999).

As investigações fenológicas podem ser feitas tanto em nível de comunidades (Newstrom *et al.* 1994; Talora & Morellato 2000; Ramírez 2002) quanto em nível populacional (Maluf & Wizenier 1998; Martin-Gajardo & Morellato 2003; Goulart *et al.* 2005). Enquanto estudos fenológicos em comunidades têm se multiplicado nos últimos anos, poucos são os estudos abordando a dinâmica temporal das populações, nos Neotrópicos em geral (Augspurger 1983; Bullock 1982; Porras 1991), em particular, no Brasil (Alencar *et al.* 1979; Alencar 1990, 1994; Morellato & Leitão-Filho 1990; Peres 1994 e Scariot *et al.* 1995).

Fatores climáticos, tais como pluviosidade, temperatura, radiação, entre outros geralmente são relacionados à ocorrência de fenofases em diferentes formações vegetais de regiões neotropicais (Morellato & Leitão Filho 1992; Marques & Oliveira 2004; Marchioretto *et al.* 2007; Pirani *et al.* 2009). Porém, ainda não é evidente o fator causal da floração e da frutificação nas árvores tropicais (Steege & Persaud 1991).

Os estudos fenológicos são considerados essenciais para trabalhos em ecologia, evolução e na dinâmica dos ecossistemas, permitindo obter informações sobre a sazonalidade dos eventos biológicos e fatores ecológicos como migração de aves, período reprodutivo de animais, atividades de insetos (Lieth 1974; Galetti *et al.* 2003).

Podem ainda funcionar como indicadores das respostas das plantas às condições climáticas e edáficas de uma região (Fournier 1974).

Mantovani *et al.* (2003) indicam a relevância dos estudos fenológicos na determinação dos períodos apropriados para a coleta de sementes, enriquecimento e recuperação de áreas de formação secundária, além de indicarem os períodos mais apropriados para intervenção em planos de manejo, que visem o aproveitamento da regeneração natural. A confecção de um calendário de colheita de sementes baseado na fenologia da frutificação tem sido uma ferramenta muito útil em programas de restauração ambiental (Moraes *et al.* 2003; Moraes *et al.* 2006 a, b).

Ecossistemas florestais têm sido muito estudados nas últimas décadas (Alencar *et al.* 1979; Costa *et al.* 1992; Pires-O'Brien 1993; Morellato & Leitão-Filho 1990, 1996; Bencke & Morellato 2002; Almeida & Neves 2000 e Pereira 2008). Contudo, estudos fenológicos para a vegetação de restinga, particularmente, os trabalhos existentes são os de Gomes *et al.* (2008), Rodarte (2008) na restinga da APA de Maricá, Talora & Morellato (2000), no Parque Estadual da Serra do Mar, núcleo Picinguaba, Ubatuba, SP e de Marques & Oliveira (2004), em dois tipos de florestas de restinga (inundável e não inundável), na Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Pereira (2009) e Azambuja (2009) realizados também na região Sul. Para a região Norte Fluminense destacamos Cesário (2008).

As restingas são caracterizadas pela deposição de sedimentos arenosos marinhos quaternários e sua biota associada (Araujo & Lacerda 1987; Araujo & Maciel 1998), e recobrem cerca de 79% da costa brasileira (Lacerda *et al.* 1993). Historicamente, têm sido substituídas por centros urbanos (Araujo & Lacerda 1987) e, mais recentemente, alvo de degradação e desmatamento decorrentes de empreendimentos ligados à cadeia produtiva de petróleo. Este último fenômeno tem alterado profundamente este ecossistema na região da Bacia Petrolífera de Campos. Neste contexto, a existência de Unidades de Conservação é de importância ímpar, destacando-se o Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (PNRJ), no Estado do Rio de Janeiro.

Inúmeros trabalhos têm sido realizados no PNRJ visando o entendimento dos processos ecológicos que permeiam esse ecossistema. Na última década, o PNRJ tornou-se um dos sítios experimentais do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa

Duração (PELD – Sítio 5), que possibilitou explorar o ecossistema restinga sob um espectro mais amplo, inter-relacionando fauna, flora e limnologia aos aspectos ambientais (Rocha *et al.* 2004).

Tomando-se por base os preceitos teóricos e metodológicos da fenologia e seu uso como ferramenta para a análise da relação planta-ambiente-fauna, aliado à possibilidade de trabalho em um dos trechos mais bem preservados de restinga no Brasil, isto é, o PNRJ, surgem alguns questionamentos como: a) Plantas de restinga exibem padrões fenológicos determinados por variações climáticas sazonais? b) As fenofases floração e frutificação, apresentam sincronia em nível populacional? c) Como a distribuição anual qualitativa de recursos florais e frutíferos de populações de plantas de restinga ocorre ao longo do ano?

No contexto do Programa PELD (Sítio 5), e com base nos questionamentos acima relacionadas, o presente trabalho objetiva:

- 1) Estabelecer um perfil fenológico para espécies arbóreas ou arbustivas de ambiente de restinga, a partir da investigação dos períodos de floração e frutificação, em espécies de alto Índice de Valor de Importância (IVI), dispersas principalmente por zoocoria, presentes em formações vegetais abertas do PNRJ
- 2) Relacionar os padrões fenológicos observados com variáveis climáticas, especificamente temperatura máxima e mínima do ar, umidade relativa do ar, precipitação, pressão atmosférica e radiação, fatores que podem constituir filtros ambientais para determinadas espécies em ecossistemas de restinga.
- 3) Descrever qualitativamente a disponibilidade anual de recursos florais e frutíferos para fauna residente no PNRJ.

## Material e métodos

### Área de estudo - O Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba - PELD Sítio 5

O Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (PNRJ) localiza-se no norte do Estado do Rio de Janeiro, abrangendo os municípios de Macaé, Carapebus e Quissamã (Fig.1). Criado pelo Decreto nº 0-008 de 29 de abril de 1998, o PNRJ é uma Unidade de Proteção Integral. Tem como objetivo preservar a natureza e admite apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, de acordo com a Lei nº 9.985 que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC (BRASIL 2000).

O PNRJ está situado entre as latitudes de 22° e 22°23'S e as longitudes de 41°15' e 41°45' W, em região litorânea, com área aproximada de 14.760 ha (147,60 km<sup>2</sup>) e 44 km de extensão pela costa. É o único Parque Nacional no Brasil que protege exclusivamente ambientes de restinga. Esta Unidade de Conservação possui 18 lagoas costeiras e outros corpos hídricos importantes, como lagoas, brejos salobros e de água doce. O grande número de ambientes terrestres, aquáticos e anfíbios existentes nesse sistema torna essa região um dos trechos do litoral brasileiro de maior diversidade de ecossistemas (IBAMA 2002).

A área de estudo do PELD-Sítio 5 no âmbito das comunidades terrestres situa-se no município de Carapebus, limitado no sentido norte-sul pelas lagoas Comprida e Carapebus e no sentido leste-oeste pelo Canal Campos-Macaé e a praia (22°16'S / 40°39'W). Para o estudo dos aspectos fenológico, as formações vegetais de *Clusia* e a aberta de Ericácea, bem como formação de pós-praia (Araujo *et al.* 1998) foram consideradas.

A Formação Arbustiva Aberta de *Clusia* é caracterizada por moitas densas de vegetação, e, uma matriz arenosa, com cobertura vegetal esparsa, em média 5% (Henriques *et al.* 1984). A área identificada como Formação Arbustiva Aberta de Ericácea é caracterizada por moitas de tamanho variado, formadas por *Humiria balsamifera*, *Protium icicariba*, paralelas à praia e separadas por corredores de vegetação herbácea esparsa cobrindo em média 17% (Henriques *et al.* 1984). A

formação de Pós-praia cobre o primeiro cordão arenoso e caracteriza-se pela presença de arbustos de pequeno porte, com adensamento de *Allagoptera arenaria* e *Cereus pernambucensis*.

Nove espécies foram estudadas quanto a aspectos fenológicos, com base nos seguintes critérios: a) alto índice de valor de importância (IVI) ou valor de cobertura (IVC) registrado em estudos fitossociológicos progressos (Montezuma 1997, Pimentel 2002) nas áreas diferentes a do PNRJ, porém com as mesmas formações vegetacionais; b) a ocorrência de número entre cinco a dez indivíduos da espécie nas áreas onde foram estudadas conforme Fournier & Charpantier 1975; c) espécies com estratégias de dispersão por animais (espécies zoocóricas); d) indivíduos em boas condições fitossanitárias, definida com base na aparente ausência de doenças e infestações de fungos e parasitas).

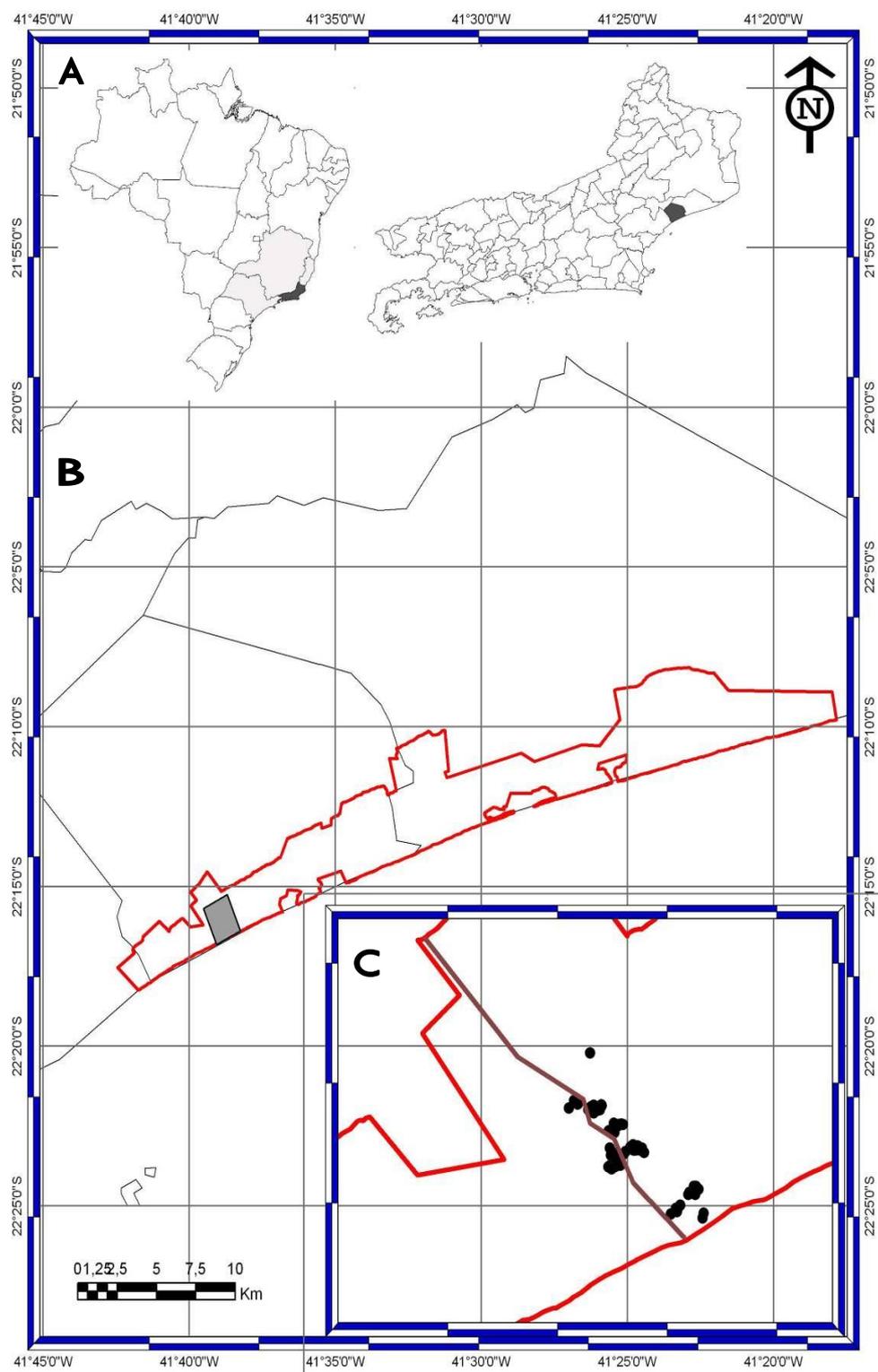


Figura 1. Mapa de localização do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Rio de Janeiro, Brasil (A). O retângulo em cinza representa a área do estudo fenológico (B) e a área do PNRJ delimitada em laranja. Em marrom a estrada da Fazenda São Lázaro com o posicionamento dos indivíduos monitorados na fenologia (C).

## As espécies estudadas

*Agarista revoluta* (Spreng.) Hook. f. ex Nied. (Ericaceae)

(Fig 2, A-C)

Arbustos a arvoretas de 1-4 metros de altura. As folhas coriáceas se destacam quando jovens são destacados por sua consistência mais membranácea e por seu colorido avermelhado. Suas flores alvas, urceoladas, são nectaríferas. Os frutos são cápsula com sementes aladas. Apresenta flores róseas e frutos carnosos nigrescentes. Segundo Santos (2009), *A. revoluta*, conhecida popularmente como mate-mirim ou erva-mate, tem uso na medicina popular entre os moradores do Município de Carapebus. O chá das folhas é utilizado para problemas estomacais. A espécie pode ser classificada como uma planta característica de estágio primário em vegetação arbustiva de Restinga (IBAMA 2012).

*Allagoptera arenaria* (Gomes) Kuntze (Arecaceae)

(Fig 2, D-F)

É uma palmeira pequena, conhecida como “guriri” ou “juruba” raramente passando de 1,5 metros de altura e 2,0m de diâmetro de copa, caules simples ou múltiplos, que crescem formando touceiras. É endêmica de restingas. O caule é subterrâneo e os frutos possuem polpa fibrosa, aromática e adocicada. É monóica e distribui-se na planície litorânea do Brasil, de Sergipe até São Paulo e Paraná, em dunas ou áreas de restinga (Lorenzi *et al.* 2004). Apresenta o maior valor de importância no estrato herbáceo das formações vegetais do PNRJ (Pimentel 2002), onde é uma das principais facilitadoras na sucessão de moitas da Formação Arbustiva Aberta de *Clusia* (Zaluar & Scarano 2000), uma vez que germina facilmente sob condições naturais e acumula matéria orgânica no solo, (Menezes & Araujo 2000). No PNRJ seu recrutamento ocorre especialmente próximo à planta-mãe e os novos indivíduos são oriundos, principalmente, a partir de sementes produzidas por reprodução sexuada (Scarano *et al.* 2004; Zaluar 2002).

*Byrsonima sericea* DC. (Malpighiaceae)

(Fig 2, G-I)

Conhecida como murici da praia, é uma arvoreta com cerca de 2 m de altura, cujas folhas são pilosas e douradas na face abaxial. É uma das plantas do PNRJ presente em formação aberta de *Clusia* e de Ericaceae, além da mata de restinga e da mata paludosa (Araujo *et al.* 2001). As flores de *B. sericea* apresentam vários atributos florais que as enquadram na síndrome de melitofilia (Faegri & Pijl 1979), tais como: zigomorfia, cor amarela e antese diurna. Por oferecerem óleo como recompensas florais aos visitantes são consideradas “flores de óleo” (Vogel 1974), o qual é coletado apenas por abelhas fêmeas, as quais o oferecem como alimento para as suas larvas, juntamente com pólen (Vogel 1974; Buchmann 1987; Vinson *et al.* 1997). As abelhas da família Anthophoridae possuem adaptações para a coleta de óleo, sendo portanto consideradas como especialistas na visita às plantas, cujas flores produzem lipídios (Simpson & Neff 1981; Vogel 1981; Buchmann 1987; Roubik 1992) .

Teixeira & Machado (2000) indicam que a coleta de óleo em *B. sericea* é exclusiva das abelhas Anthophoridae, espécies do gênero *Centris* e *Epicharis* são consideradas como polinizadores efetivos. As abelhas da tribo Centridini, gênero *Augochloropsis* também são consideradas polinizadores efetivos, embora não colem óleo. Por sua vez, *Trigona* e *Paratetrapedia* foram classificadas como pilhadores de recursos. A coleta de pólen por vibração (“buzz pollination”) foi observada em espécies de *Centris*, *Epicharis* e *Augochloropsis*, enquanto que as espécies de *Trigona* e *Paratetrapedia* raspam as anteras com as pernas.

*Clusia hilariana* Schltl. (Clusiaceae)

(Fig 2, J-L)

Espécie típica da Mata Atlântica e restinga (Mariz 1974), popularmente conhecida como abaneiro ou cebola-do-mato, pelo aspecto do seu botão floral, é uma arvoreta dioica, com cerca de 3 metros de altura e 6 metros de diâmetro de copa. Suas folhas são suculentas e latescentes. *Clusia hilariana* é a espécie arbórea dominante fitossociologicamente (Pimentel *et al.* 2007) e costuma ocupar uma posição central nas moitas de vegetação. No PNRJ, esta planta exerce um papel antagônico nas formas de interações com outras espécies de plantas que crescem sob sua copa, uma vez que no

início do processo sucessional atua como facilitadora e, posteriormente, inibe o desenvolvimento dessas, principalmente pela obstrução da passagem de luz para os estratos inferiores (Zaluar & Scarano 2000). Apresenta metabolismo ácido das Crassuláceas (Franco *et al.* 1984). Não se observa o recrutamento de plântulas de *C. hilariana* diretamente sobre o solo arenoso da restinga no PARNA de Jurubatiba. Zaluar (2002) observou, no entanto, que o recrutamento no interior de bromélias parece ser frequente. Além disso, esta espécie apresenta a capacidade de ocupação dos substratos arenosos das restingas via propagação clonal (Cavalcante *et al.* 2010)

*Humiria balsamifera* Aubl. (Humiriaceae)

(Fig 2, M-O)

Planta com altura variando de 4-25 metros, dotada de copa globosa densa, podendo se apresentar como simples arbusto em alguns habitats. Tronco geralmente curto, de 30-40 cm de diâmetro com casca rugosa impregnada de um bálsamo resinoso e aromático. Folhas cartáceas, de forma e tamanho variáveis, de 6-15 cm x 3-6 cm, de verde intenso, quando adultas, e verde-claro, quando jovens. Inflorescências terminais, paniculiformes, contendo muitas flores brancas. Fruto drupa elipsóide, roxo-escuro a nigrescente, com polpa carnosa levemente adocicada (Lorenzi 1998). Os frutos são comestíveis, o chá das folhas combate a febre e intoxicação (Santos 2009). O fruto é muito apreciado por pássaros (Cavalcante 1979).

*Manilkara subsericea* (Mart.) Dubard (Sapotaceae)

(Fig 3, A-C)

Arbustos ou árvores com 1-4 metros de altura, providas de látex alvo. Folhas com a face adaxial prateada, conduplicadas quando jovens. Flores geralmente de cor creme, com suave perfume. Frutos maduros com tons avermelhados e vináceos, muito adocicados e latescentes. Apresenta ocorrência em áreas de restinga do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Nas restingas do Estado do Rio de Janeiro, *M. subsericea* pode ser encontrada do Município de São João da Barra até Maricá (Costa & Dias 2000). Entretanto, nos estados de São Paulo e Paraná esta espécie coloniza áreas de Floresta Ombrófila e Planícies Costeiras. No estudo de Monteiro *et al.* (2007), *M. subsericea*

apresentou associação com grande número (14) de espécies de Lepidóptera em fase larval.

*Myrcia lundiana* Vell. (Myrtaceae)

(Fig 3, D-F)

Arbustos com 1,5-3 metros de altura. Caracteriza-se por apresentar tronco com córtex esfoliante em placas grossas e rígidas deixando um aspecto liso e avermelhado e folhas ovadas, diferindo-se das demais espécies do gênero. As bractéolas possuem tricomas ferrugíneos e podem cair antes ou após a antese. Os frutos são globosos, negros quando maduros, coroados pelos lobos do cálice (Silva & Nascimento 2009). Os óleos essenciais de folhas frescas de *Myrcia lundiana* apresentaram atividades anti-larvicidas moderadas frente ao Diptera *Aedes aegypt* (Fontes *et al* 2011).

*Ocotea notata* (Nees & C. Martius ex Nees) Mez (Lauraceae)

(Fig 3, G-H)

São árvores com 3-5 metros de altura, geralmente aromáticas, dióicas. Suas folhas jovens apresentam colorido oliváceo, tornando-se avermelhadas quando senescentes. As inflorescências axilares formam panículas ou, raramente, ráceros. Flores unisxuadas ou funcionalmente unissexuadas, geralmente amarelo-esverdeado, colorido que acompanha a raque das inflorescências. Frutos drupáceos, carnosos, apresentando o hipanto típico de Lauraceae. É uma planta popularmente conhecida como “canela”, encontrada principalmente nas regiões de Restinga ao longo do litoral brasileiro (Quinet & Andreatta 2002).

*Protium icicariba* (DC.) Marchand (Burseraceae)

(Fig 3, I-J)

A família Burseraceae é caracterizada por sua capacidade em exsudar resinas aromáticas, voláteis usadas com diversas finalidades (Daly *et al.* 2011). *Protium icicariba* é popularmente conhecida por “almíscar” ou “incenso”, é um arbusto formador de moitas que co-ocorre com *H. balsamifera* e *C. hilariana*. Pode ultrapassar 2 metros de altura, apresenta folhas compostas imparipinadas, geralmente com cinco folíolos. Destaca-se pela resina aromática que se desprende do caule e das folhas,

quando injuriado. Esta resina é utilizada na medicina popular para “peito aberto”, “espinheira caída” (Santos *et al* 2009), bem como em rituais religiosos.

A espécie está incluída na lista de espécies em propagação experimental para produção de mudas para recuperação de áreas de restinga, com vegetação degradada pela antropização (Zamith & Scarano 2004). Pelo fato de ocorrer em áreas sujeitas a forte pressão antrópica, esta espécie integra as listas das ameaças de extinção, ainda que não oficializadas pelo Ministério do Meio-Ambiente sendo mantida sob vigilância, até a obtenção de maiores informações (MMA 2008).

Em ecossistemas de restinga no Espírito Santo *P. icicariba* apresentou padrão espacial de indivíduos agregados, provavelmente relacionados à propagação vegetativa que gera muitos ramos subterrâneos próximos uns dos outros (Ferreira *et al.* 2010).

## Fenologia

Na década de 90 ocorreu alto percentual de estudos fenológicos em que o método de amostragem não foi definido cercade 42% dos estudos realizados na época (Morellato 2010). Nos anos de 2001 a 2003, 33% dos estudos fenológicos não apresentaram o método de amostragem, com uma tendência de aumento no uso de amostragem por trilhas e parcelas (22 e 33%, respectivamente) e ausência do uso de coletores como forma de amostragem fenológica (D’Eça Neves & Morellato 2004). No método de trilhas, geralmente são usados caminhos pré-existentes demarcados sem uma sistemática definida, alcançando normalmente distâncias maiores que as transecções. Os indivíduos são amostrados ao longo de toda a trilha, a distâncias e intervalos são previamente definidos, ou ao acaso (Alexandre 1980; Fleming & Williams 1990; Morellato & Leitão Filho 1990).

O tamanho da amostragem desde Fournier (1974) tem sido uniformizado em pelo menos 10 indivíduos por espécie e a frequência de observações, mensal. Contudo, Morellato *et al.* (2010<sup>a</sup>), testaram a influência destes dois fatores, concluindo que para regiões tropicais, 15 indivíduos por espécie e observações quinzenais ou semanais promovem análises mais acuradas dos eventos fenológicos.

Para estudos de comunidades nos quais um grande número de indivíduos de várias espécies precisa ser periodicamente monitorado, a aplicação de uma escala nominal como o **índice de atividade** (IA) tornou mais ágil o registro de dados. O percentual de **intensidade de Fournier** (IF). Apesar de exige tempo e experiência do observador, entretanto mostrou os picos e tendências das fenofases, distinguindo vários níveis de intensidade. Este tipo de detalhamento e refinamento das informações fenológicas é desejável, especialmente em estudos populacionais e análises de correlação (Bencke & Morellato 2002<sup>a</sup>; Morellato *et al.* 2010<sup>a</sup>).

Heideman (1989) constatou que a proporção de indivíduos (índice de atividade) em floração ou frutificação nem sempre é um bom preditor do volume de flores ou frutos produzidos (percentual de intensidade de Fournier), o que ressalta a importância de se conjugar esses métodos IF e o IA, para obter informações sobre a disponibilidade quantitativa e temporal deste tipo de recurso.

Para o cálculo do Percentual de Intensidade de Fournier (1974), ou *Índice de Fournier* (IF), modificado por Bianchini *et al.* (2006), foi utilizada uma escala intervalar semi-quantitativa de 0 a 3, para quantificar a ocorrência de fenofases, onde: 0 - sem ocorrência; 1 - de 1 a 33% de ocorrência, 2 - de 34 a 66% de ocorrência; 3 – mais que 66% de ocorrência. Em cada mês, faz-se a soma dos valores de intensidade obtidos para todos os indivíduos de cada espécie e dividi-se a mesma pelo valor máximo possível da escala intervalar da fenofase, que neste estudo foi determinado como três, que corresponde à proporção de 66% a 100% da ocorrência da fenofase. O valor obtido é expresso em um valor percentual, conforme fórmula abaixo:

$$\%FI = \left[ \sum_{i=1}^n x_i / (n * 3) \right] * 100$$

onde  $n$  é o número de indivíduos amostrados para a espécie e  $x_i$  é o valor da escala semi-quantitativa atribuída ao indivíduo  $i$ .

O *índice de atividade* (IA) tem caráter quantitativo em nível populacional, indicando a porcentagem de indivíduos da população que está manifestando determinado evento fenológico.

Sugere-se que em estudos fenológicos populacionais sejam utilizados estes dois índices combinados para a análise e representação dos dados e que seja feita a distinção

entre pico(s) de atividade e pico(s) de intensidade das fenofases (Bencke & Morellato 2002).

A fenologia reprodutiva refere-se a padrões de floração e frutificação das espécies determinando ciclos com frequência e duração (Newstrom *et al.* 1994). Entende-se por frequência o número de ciclos por ano, com cada ciclo consistindo de uma fase de floração seguida de uma fase de não floração (ou frutificação, dependendo da fenofase analisada). Quatro classes básicas são definidas: **contínua** (evento contínuo ao longo do ano com pausas curtas esporádicas, ou sem pausas); **subanual** (evento ocorrendo em mais de um ciclo por ano); **anual** (apresenta apenas um ciclo por ano do evento); **supra-anual** (com o ciclo do evento menos frequentes do que uma vez por ano). Quanto à duração, as fenofases podem ser categorizadas em: **curta** (com até um mês de duração), **intermediária** (mais do que um e até cinco meses) ou **longa** (mais de cinco meses).

Para estudos fenológicos a representação gráfica mais comumente aplicada é bidimensional, plotando as variáveis sobre os eixos da abcissa e da ordenada. Contudo, a fenologia sendo um evento cíclico, é melhor representada em histogramas circulares, onde 360° são subdivididos em subângulos afim de representar, dias, meses ou semanas. O comprimento de cada barra representa a frequência relativa de uma dada variável fenológica. A aplicação da estatística circular permite ainda estabelecer o ângulo médio da fenofase e inferir hipóteses de sazonalidade (Morellato *et al.* 2010<sup>b</sup>).

Dada aplicabilidade da fenologia em estudos acerca da influência das mudanças climáticas globais sobre a biodiversidade, faz-se necessária uma uniformização da coleta e análise dos dados primários. Muitos dos esforços neste sentido abordam biomas de clima temperado, pois em estudos da fenologia de regiões tropicais, a ausência de padronização ainda é comum. (Morellato *et al.* 2010<sup>a</sup>).

## Considerações finais

Considerando a forte pressão antrópica que as restingas vêm sofrendo ao longo de muitos anos, responder à perguntas sobre sazonalidade e dinâmica biológica, não só ampliará o conhecimento sobre o ecossistemas e as estratégias adaptativas das diferentes espécies que vivem nas áreas de restinga, mas fornecerá dados importantes para a conservação e manejo dessas populações. Portanto, o incremento de estudos que contribuam para o entendimento do processo de reprodução e regeneração das plantas, fornecerão subsídio à ações de recuperação ou enriquecimento de áreas já degradadas (Pereira 2008; Camacho & Orozco 1998; Mariot *et al.* 2003). Frente às questões relacionadas à influência das mudanças climáticas globais sobre a biota, a fenologia surge como um instrumento, fundamentalmente interdisciplinar e, de alta aplicabilidade (Schwartz 2003).

Cada objetivo proposto será apresentado em capítulos independentes. No capítulo 1 abordaremos a fenologia reprodutiva das nove espécies estudadas *Allagoptera arenaria*, *Agarista revoluta*, *Byrsonima sericea*, *Clusia hilariana*, *Humiria balsamifera*, *Myrcia lundiana*, *Manilkara subsericea*, *Ocotea notata* e *Protium icicariba*. No capítulo 2 os índices de atividade das fenofases reprodutivas serão relacionadas às variáveis climáticas (pressão atmosférica, pluviosidade, radiação, temperatura máxima e mínima umidade) e uma variável ambiental (comprimento dos dias. No capítulo 3 será apresentada a distribuição qualitativa anual de recursos florais e frutíferos ao longo do ano de espécies arbóreas e arbustivas em formações aberta de *Clusia* e aberta de Ericaceae no PNRJ.

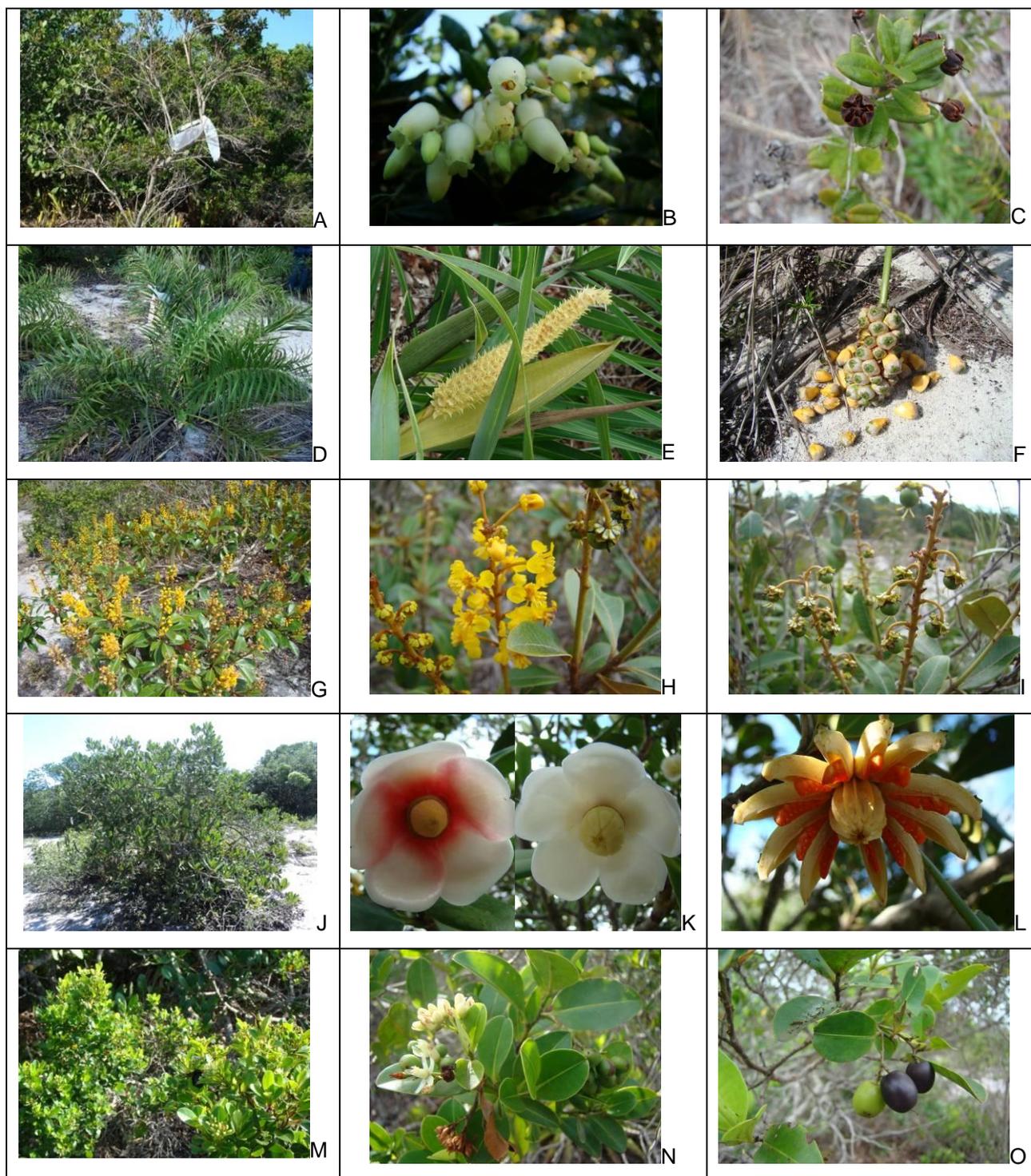


Figura 2. Espécies selecionadas para o estudo fenológico no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ, Brasil. A-C. *Agarista revoluta*: A. Hábito, B. Flores, C. Frutos; D-F. *Allagoptera arenaria*: D. Hábito, E. Flores, F. Frutos; G-I. *Byrsonima sericea*: G. Hábito, H. Flores, I. Frutos; J-L. *Clusia hilariana*: J. Hábito, K. Flores, L. Frutos; M-O. *Humiria balsamifera*: M. Hábito, N. Flores, O. Frutos.



Figura 3. Espécies selecionadas para o estudo fenológico no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ, Brasil. A-C. *Manilkara subsericea*: A. Hábito, B. Flores, C. Frutos; D-F. *Myrcia lundian*: D. Hábito, E. Flores, F. Frutos; G-I *Ocotea notata* : G. Hábito, H. Flores, I. Frutos; J-L. *Protium icicariba*: J. Hábito, K. Flores, L. Frutos.

## Referências Bibliográficas

- Alencar, J. C. 1990. Interpretação fenológica de espécies lenhosas de campina na Reserva Biológica de Campina do INPA ao norte de Manaus. *Acta Amazonica*, 20:145-83.
- Alencar, J. C. 1994. Fenologia de cinco espécies arbóreas tropicais de Sapotaceae correlacionada a variáveis climáticas na reserva Ducke, Manaus, AM. *Acta Amazonica*, 24, 161:182.
- Alencar, J. C.; Almeida, R. A.; Fernandes, N. P. 1979. Fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central. *Acta Amazonica* 9:163-198.
- Alexandre, D. Y. 1980. Caractère saisonnier de la frutification dans une forêt hygrophile de Côte-d'Ivoire. *Terre et la Vie-Revue d'Ecologie Appliquée* 34(3): 335-350.
- Almeida, E. M. & Alves, M. A. S. 2000. Fenologia de *Psychotria nuda* e *P. brasiliensis* (Rubiaceae) em uma área de floresta atlântica no Sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 14:335-346.
- Antunes, N. B. & Ribeiro, J. F. 1999. Aspectos fenológicos de seis espécies vegetais em matas de galeria do Distrito Federal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34(9): 1517- 1527.
- Araujo, D. S. D. & Lacerda, L. D. 1987. A Natureza das Restingas. *Ciência Hoje* 6(33): 42-48.
- Araujo, D. S. D. & Maciel, N. C. 1998. Restingas Fluminenses: Biodiversidade e Preservação. *Boletim da Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza* 25: 27-51.
- Araujo, D. S. D.; Scarano, F. R.; Sá, C. F. C.; Kurtz, B. C.; Zaluar, H. L. T.; Montezuma, R. C. M.; Oliveira, R. C. 1998. Comunidades Vegetais do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. Pp. 39-62. In: F.A. Esteves (ed.). *Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé. Rio de Janeiro*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Araujo, D. S. D.; A. F. Costa; A. S. Oliveira, R. L. Moura. 2001. Florística e padrões fitogeográficos, p. 155–165. In: A. Costa & I.C. A. Dias (orgs.). *Flora do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e arredores, Rio de Janeiro, Brasil: listagem florística e fitogeografia*. Rio de Janeiro, Museu Nacional/UFRJ, 200 p.
- Augsburger, C. K. 1983. Phenology, Flowering Synchrony, and Fruit-Set of Six Neotropical Shrubs. *Biotropica* 15: 257-267.
- Azambuja, A. C. 2009. *Demografia e fenologia reprodutiva de Butia capitata (Mart.) Becc. (Arecaceae) em Arambaré, Rio Grande do Sul*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.
- Bencke, C. S. C. & Morellato, L. P. C. 2002. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 25(2): 237-248.
- BRASIL 2000. Lei 9985/00 que Institui o Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza
- Buchmann, S. L. 1987. The ecology of oil flowers and their bees. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 343-369

- Bullock, S. H. 1982. Population structure and reproduction in the neotropical dioecious tree *Compsonura sprucei*. *Oecologia* 55:238-242.
- Camacho, M.; Orozco, L. 1998. Patrones fenológicos de doce espécies arbóreas del bosque montano de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 46(3): 533-542.
- Câmara, G. M. 1998. Fenologia da soja. *Jornal Informações Agronômicas*, [S.l.], n.82.
- Cavalcante, A.; Braz, M. I. G.; de Mattos, E. A. 2010. Germination biology and seedling growth of *Clusia hilariana* Schlttdl., a dominant CAM-tree of drought-prone sandy coastal plains. *Ecological Research* 25: 781-787.
- Cavalcante, P. B. 1979. *Frutas comestíveis da Amazônia III*. Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, 62p. (Publicações avulsas, 33).
- Cesário, L. F. & Gaglianone, M. C. 2008. Biologia floral e fenologia reprodutiva de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) em Restinga do Norte Fluminense. *Acta Botanica Brasilica* 22(3): 828-833.
- Costa, A. & Dias, I. A. (orgs.). 2000. *Flora do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e arredores, Rio de Janeiro, Brasil: listagem florística e fitogeografia*. Rio de Janeiro, Museu Nacional/UFRJ, 200 p.
- Costa, M. L. M. N., Pereira, T. S. & Andrade, A. C. S. 1992. Fenologia de algumas espécies de Mata Atlântica, Reserva Ecológica de Macaé de Cima (estudo preliminar). *Revista do Instituto Florestal* 4:226-232.
- D'Eca-Neves, F. F. & Morellato, L. P. C. 2004. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. *Acta Botanica Brasilica* 18(1):99-108.
- Daly, D. C.; Harley, M. M.; Martínez-Habibe, M. C. & Weeks, A. 2011. Burseraceae. In: Kubitzki, K. (ed.) *The Families and Genera of Vascular Plants*, v. 10: 76-104.
- Domingues, A. J. P.; Brandão, A. M. P. M.; Guerra, A. J. T.; Domingues, C. N.; Kuhlmann, E.; Sant'ana, E. M.; Lima, G. R.; Silva, L. M.; Whately, M. H.; Alonso, M. T. A.; Bulhões, M. G.; Regis, W. D. E. & Silva, Z. L. 1976. Estudo do relevo, hidrografia, clima e vegetação das regiões-programa do Estado do Rio de Janeiro. *Boletim Geográfico, Rio de Janeiro*, 34(248): 5-73.
- Faegri, K. & Van der Pijl, L. 1979. *The principles of pollination ecology*. 3° ed. Pergamon Press, London.
- Ferreira, L. C.; Thomazi, R. D.; Oliveira, D. A. C. & Silva, A. G. 2010. Estrutura populacional e padrão espacial de *Protium icariba* (DC.) Marchand na Área de Proteção Ambiental de Setiba, Espírito Santo, sudeste do Brasil. *Natureza on line* 8(1): 39-45.
- Fleming, T. H. & Williams, C. F. 1990. Phenology, seed dispersal, and recruitment in *Cecropia peltata* (Moraceae) in Costa Rican tropical dry forest. *Journal of Tropical Ecology* 6: 163-178.
- Flinte, V.; C. O. Araujo; M. V. Macedo & R. F. Monteiro. 2006. Insetos fitófagos associados ao murici da praia, *Byrsonima sericea* (Malpighiaceae), na Restinga de Jurubatiba (RJ). *Revista Brasileira de Entomologia* 50: 512-523.
- Fontes, J. E. N.; Matos, I. L.; Machado, S. M. F.; Ribeiro, A. S. & Sócrates C. H. C. 2011. Atividade larvicida do óleo essencial das folhas frescas de *Myrcia lundiana* e *Myrcia guianensis* (Myrtaceae) frente ao aedes aegypti. In: 34° Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Florianópolis.

- Fournier, L. A. & Charpantier, F. C. 1975. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones em el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Turrialba* 25(1):45-48.
- Fournier, L. A. 1974. Un metodo cuantitativo para la medición de características fenológicas en arboles. *Turrialba* 24(4): 422-423.
- Franco, A. C., Valeriano, D. M., Santos, F. M., Hay, J. D., Henriques, R. P. B.; Medeiros, R. A. 1984. Os microclimas das zonas de vegetação da praia da restinga de Barra de Maricá, Rio de Janeiro. In: L. D. Lacerda, D. S. D. Araujo, R. Cerqueira & B. Turcq (orgs). *Restingas: Origem, estrutura e processos*. CEUFF, Niterói, p.413-425.
- Galetti, M.; Pizo, M. A.; Morellato, P. C. 2003. Fenologia, frugivoria e dispersão de sementes. p. 395-422. In: Cullen JR., L.; Rudran, R.; Valladares-Padua, C. *Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*. Curitiba: Ed. da UFPR; Fundação O Boticário de Proteção a Natureza.
- Gomes, V. S. M., Loiselle, B. A. & Alves, M. A. S. 2008. Forrageamento de aves por frutos e insetos em restinga arbustiva, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica* 8(4).
- Goulart, M. F.; Lemos-Filho, J. P. & Lovato, M. B. 2005. Phenological Variation Within and Among Populations of *Plathyenia reticulata* in Brazilian Cerrado, the Atlantic Forest and Transitional Sites. *Annals of Botany* 96: 445-455.
- Heideman, P. D. 1989. Temporal and spatial variation in the phenology of flowering and fruiting in a tropical rainforest. *Journal of Tropical Ecology* 77:1059-1079.
- Henriques, R. P. B., Meirelles, M. L. & HAY, J. D. 1984. Ordenação e distribuição de espécies das comunidades vegetais na praia da restinga de Barra de Maricá, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Botânica* 7:27-36.
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis/Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil) Resoluções do Conama: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. / Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2012. 1126 p.
- Lacerda, L. D.; Araujo, D. S. D & Maciel, N. C. 1993. Dry coastal ecosystems of the tropical Brazilian coast. Pp. 477-493. In: E. Van der Maarel (ed.) *Ecosystems of the World 2B: Dry Coastal Ecosystems Africa, America, Asia and Oceania*. Elsevier, Amsterdam.
- Lieth, H. 1974. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. In: H. Lieth (ed.). *Phenology and seasonality modeling*. Springer Verlag, Berlin, p.3-19.
- Lorenzi, H. 1998. Árvores brasileiras - *Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa, SP, Editora Plantarum, Vol. II.
- Lorenzi, H.; Souza, H. M.; Madeiros-Costa, J. T.; Cerqueira, L. S. C. & Ferreira, E. 2004. *Palmeiras Brasileiras e Exóticas Cultivadas*. Nova Odessa, Editora Plantarum.
- Maluf, A. M. & Wizentier, B. 1998. Aspectos fenológicos e germinação de sementes de quatro populações de *Eupatorium vauthierianum* DC. (Asteraceae). *Revista Brasileira de Botânica* 21(3): 247-251.
- Mantovani, M., Ruschel, A. R., Reis, M. S., Puchalski, A., & Nodari, R. O. 2003. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da floresta atlântica. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 27(4): 451-458.
- Marascalki, B.; Furtado, A. L. dos S.; Jesus, N. de. 2011. Análise temporal do NDVI da vegetação do Parna da restinga de Jurubatiba, RJ. In: CONGRESSO

- INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA 5, 2011, Campinas. Anais. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 8
- Marchioretto, M. S.; Mauhs, J.; Budke, J. C. 2007. Fenologia de espécies arbóreas zoocóricas em uma floresta psamófila no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 21: 193-201.
- Mariot, A.; Mantovani, A.; Reis, M. S. 2003. Uso e conservação de *Piper cernuum* Vell. (Piperaceae) na Mata Atlântica: I. Fenologia reprodutiva e dispersão de sementes. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* 5(2): 1-10.
- Mariz, G. 1974. Chaves para as espécies de *Clusia* nativas do Brasil. *Memórias do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Pernambuco*, Brasil, 1: 249–310.
- Marques, M. C. M.; Oliveira, P. E. A. M. 2004. Fenologia de espécies do dossel e do sub-dossel de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 27(4): 713-723.
- Martin-Gajardo, I. S. & Morellato, L. P. 2003. Inter and intraspecific variation on reproductive phenology of the Brazilian Atlantic forest Rubiaceae: ecology and phylogenetic constraints. *Revista de Biologia Tropical* 51(3): 1-8.
- Menezes, L. F. T. de & D. S. D. Araujo. 2000. Variação da biomassa aérea de *Allagoptera arenaria* (Gomes) O. Kuntze (Arecaceae) em uma comunidade arbustiva de Palmae na Restinga de Marambaia, RJ. *Revista Brasileira de Biologia* 60: 147–157
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2008. Instrução Normativa n 6, de 23 de setembro de 2008. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/179/\\_arquivos/179\\_05122008033615.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/179_05122008033615.pdf)>.
- Monteiro, R. F., Macedo, M. V., Nascimento, M. de S., Cury, R. S. F. 2007. Composição, abundância e notas sobre a ecologia de espécies de larvas de lepidópteros associadas a cinco espécies de plantas hospedeiras no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. *Revista Brasileira de Entomologia* 51(4), 476-483
- Montezuma, R. C. M. 1997. *Estrutura da vegetação de uma restinga de Ericaceae no município de Carapebus, RJ*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Moraes, L. F. D.; Engel, V. L.; Gandara, F. B. (Ed). 2003. *Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais*. Botucatu: FEPAF. p. 49-76.
- Moraes, L. F. D.; Granzotto, S. V., Iwamoto, S.; Ciero, J. D. 2006. Caracterização fisionômico-florística e mapeamento da vegetação da Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia* 57(3): 369-389.
- Moraes, L. F. D.; Assumpção, J. M.; Luchiari, C.; Pereira, T. S. 2006b. Plantio de espécies arbóreas nativas para a restauração ecológica na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia*, 57(3): 477-489.
- Moraes, L. F. D.; Assumpção, J. M.; Pereira, T. S.; Luchiari, C. 2006a. *Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro. Foco Design. 80p.
- Morellato, L. P. C. & Leitão Filho, H. F. 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta semidecídua na Serra do Japí, Jundiáí, São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia* 50(1): 163-173.
- Morellato, L. P. C.; Leitão-Filho, H. F.; Rodrigues, R. R.; JOLY, C. A. 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na Serra do

- Japi, Jundiá, São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, 50(1): 149-162.
- Morellato, L. P. C. & Leitão Filho, H. F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. Pp. 112-140. In: L.P.C. Morellato (org.). *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil*. Campinas, Unicamp.
- Morellato, L. P. C. & Leitão Filho, H. F. 1996. Reproductive Phenology Of Climbers In A Southeasten Brazilian Forest. *Biotropica* 28 (2): 180-191.
- Morellato, L. P. C.; Camargo, M. G. G.; D'Eça Neves, F.; Luize, B. G.; Mantovani, A. & Hudson, I.L. 2010<sup>a</sup>. The influence of sampling method, sample size and frequency of observation on plant phenological patterns and the interpretation in Tropical Forest trees. In: Hudson, I.L. & Keatley, M.R. (ed.). *Phenological Research: methods for environmental and climatic change analysis*. Springer. pp 99-122.
- Morellato, L. P. C.; Alberti, L. F. & Hudson, I. L. 2010<sup>b</sup>. Applications of Circular Statistics in Plant Phenology: a Case Studies Approach. In: Hudson, I.L. & Keatley, M.R. (ed.). *Phenological Research: methods for environmental and climatic change analysis*. Springer. pp 339-360.
- Newstrom, L. E.; Frankie, G. W.; Baker, H. G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26 (2): 141-159.
- Pereira, T. S. 2008. Fenologia de espécies arbóreas em floresta Atlântica da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. *Iheringia, Série Botânica* 63(2): 329-339.
- Pereira, J. L. 2009. *Estrutura demográfica e fenologia reprodutiva de Cereus hildmannianus K. Schum. (Cactaceae), em uma restinga arbustiva do município de Jaguaruna, Santa Catarina*. Dissertação de mestrado. Florianópolis, SC.
- Peres, C. A. 1994. Composition, density, and fruiting phenology of arborescent palms in an Amazonian Terra Firme Forest. *Biotropica* 26: 285-294.
- Pimentel, M. C. P. 2002. *Variação espacial na estrutura de comunidades vegetais da formação aberta de Clusia no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ*. Tese de Doutorado . Universidade Federal do Rio de Janeiro, 82pp.
- Pimentel, M. C. P., Barros, M. J, Cirne, P.; Mattos, E. A.; Oliveira, R. C.; Pereira, M. C. A.; Scarano, F. R.; Zaluar, H. L. T. & Araujo, D. S. D. 2007. Variação espacial na estrutura e composição florística de uma vegetação de restinga no Sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Botânica* 30(3): 543-551
- Pirani, F. R.; Sanchez, M. & Pedroni, F. 2009. Fenologia de uma comunidade arbórea em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, MT. *Acta Botanica Brasílica* 23: 1096-1109.
- Pires-O'Brien, M. J. 1993. Phenology of tropical trees from Jari, lower amazon, I. phenology of eight forest communities. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi* 9:67-92.
- Porras, R. C. 1991. Fenologia de *Quercus seemanii* Lieb. (Fagaceae), en Cartago, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 39: 243-248.
- Quinet, A.; Andrearra, R. H. P. 2002. Lauraceae Jussieu na Reserva Ecológica de Macaé de Cima, município de Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia*.53(82): 59-121.

- Ramírez, N. 2002. Reproductive phenology, life-forms, and habitats of the Venezuelan Central Plain. *American Journal of Botany* 89(5): 836-842.
- Rathcke, B. & Lacey, E. P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 179-214.
- Riveira, G.; Elliott, S. Caldas, L. S. Nicolossi, G.; Coradin, V. T. R. & Borchert, R. 2002. Increasing day-length induces spring flushing of tropical dry forest trees in absence of rain. *Trends in Ecology, Evolution and Systematics* 16: 445-456.
- Rocha, C. F. D.; Esteves, F. A.; Scarano, F. R. (Orgs.). 2004. *Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação*. São Carlos: RIMa.
- Rodarte, A. T. A. 2008. *Caracterização espacial, temporal e biologia floral das espécies de restinga, com ênfase nos recursos florais*. Tese (Doutorado) UFRJ/Museu Nacional/Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica).
- Roubik, D. W. 1992. *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge University Press. New York
- Santos, M. G.; Fevereiro, P. C. A. ; Reis, G. L.; Barcelos, J. I. 2009. Recursos vegetais da Restinga de Carapebus, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista de Biologia Neotropical* 6: 35-54.
- Scarano, F. R. 2002. Structure, function and florística relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. *Annals of Botany* 90: 517-524.
- Scarano, F. R.; Cirne, P.; Nascimento, M. T; Sampaio, M. C.; Villela, D. M.; Wendt, T. & Zaluar, H. L. T. 2004. Ecologia vegetal: integrando ecossistemas, comunidades, populações e organismos, p 77-97. In: Rocha, C. F. D.; Scarano, F. R.; Esteves, F. A. (orgs.). *Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação*. RiMa. São Paulo. 376 p.
- Scariot, A., Lieras, E. & Hay, J. D. 1995. Flowering and fruiting phenologies of the palm *Acrocomia aculeata*: patterns and consequences. *Biotropica* 27:168-173.
- Schwartz, M. D. 2003 *Phenology: an integrative environmental science*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands
- Silva, J. O. do N. e. 2009. *A família Myrtaceae no Parque Estadual das Dunas do Natal - RN, Brasil*. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Simpson, B. B. & Neff, J. L. 1981. Floral rewards: alternatives to pollen and nectar. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 68: 301-322.
- Steege, H. & Persaud, C. A. 1991. The phenology of Guyanese timber species: a compilation of a century of observations. *Vegetatio* 95: 177-198.
- Talora, D. C. & Morellato, L. P. C. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 23:13-26.
- Teixeira, L. A. G. & I. C. Machado. 2000. Sistema de polinização e reprodução de *Byrsonima sericea* DC (Malpighiaceae). *Acta Botanica Brasilica* 14: 347-357.
- Vinson, S. B.; Williams, H. J.; Frankie, G. W. & Shrum, G. 1997. Floral lipid chemistry of *Byrsonima crassifolia* (Malpighiaceae) and a use of floral lipids by Centris bees (Hymenoptera: Apidae). *Biotropica* 29(1): 76-83.
- Vogel, S. 1974. Ölblumen und ölsammelnde Bienen. Akademie der Wissenschaften und der Literatur. Tropische und subtropische Pflanzenwelt 7. Franz. Steiner Verlag. Wiesbaden

- Zaluar, H. L. T. 1997. *Espécies focais e a formação de moitas na restinga aberta de Clusia, Carapebus, RJ*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Zaluar, H. L. T. & Scarano, F. R., 2000. Facilitação em restingas de moitas: um século de buscas por espécies focais. In FA. Esteves and LD Lacerda (eds.), *Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras*. NUPEM/UFRJ, Macaé, Rio de Janeiro, Brasil.
- Zaluar, H. L. T., 2002. *Dinâmica da vegetação em restingas abertas fluminenses: uma aproximação através das interações entre plantas*. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.
- Zamith, L. R.; Scarano, F. R. 2004. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 18: 161-176.

## Capítulo I

*Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas e arbustivas em formações vegetacionais abertas no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Carapebus, Rio de Janeiro, Brasil.*

# **Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas e arbustivas em formações vegetacionais abertas no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Carapebus, Rio de Janeiro, Brasil.**

## **Introdução**

Estudos fenológicos da fase reprodutiva das plantas são de grande importância, pois essa etapa ocupa uma posição decisiva em suas histórias de vida. Além disso, o período em que ocorrem os ciclos reprodutivos das plantas afeta também a fauna (Newstrom *et al.* 1994), causando potencial impacto sobre suas populações através das mudanças temporais na disponibilidade de recursos (Sakai *et al.* 1999).

Padrões fenológicos distintos podem estar relacionados a um caráter adaptativo, levando a uma sincronização da atividade reprodutiva com a disponibilidade de recursos bióticos (ex: polinizadores, dispersores) e com o aumento da disponibilidade de recursos abióticos (ex: luz, água) (Boulter *et al.* 2006).

O comprimento de um dia, uma variável abiótica, é conhecido como fotoperíodo e as respostas do desenvolvimento das plantas ao fotoperíodo são chamadas fotoperiodismo. (Chang, 1974). Segundo Bergamaschi (2000) há muito tempo o homem conhece as repostas dos seres vivos em relação à variação na duração do dia. Muitas espécies de vegetais, animais invertebrados e vertebrados têm o seu ciclo vital (ou pelo menos parte dele) regulado pelo fotoperíodo. Na fenologia vegetal as atenções e as aplicações do fotoperiodismo sempre foram maiores.

Ecossistemas florestais têm sido muito estudados nas últimas décadas (Alencar *et al.* 1979; Costa *et al.* 1992; Pires-O'Brien 1993; Morellato & Leitão-Filho 1990, 1996; Bencke & Morellato 2002; Almeida & Alves 2000, Pereira 2008). Contudo estudos fenológicos para a vegetação de restinga são escassos e os trabalhos existentes são os de Gomes *et al.* (2008), Rodarte (2008) na restinga da APA de Maricá, Talora & Morellato (2000), no Parque Estadual da Serra do Mar, núcleo Picinguaba, Ubatuba, SP e de Marques & Oliveira (2004), em dois tipos de florestas de restinga (inundável e não inundável), na Ilha do Mel, Paranaguá, PR.

A forte pressão antrópica que as restingas vêm sofrendo por muitos anos, especialmente com o incremento das atividades petrolíferas no litoral Sudeste do Brasil, tem impactado não só a diversidade biológica do ecossistema como também sua estrutura vegetacional. Estudos fenológicos permitirão ampliar o conhecimento sobre aspectos da dinâmica e sobre as estratégias adaptativas das diferentes espécies que vivem nas áreas de restinga, fornecendo dados importantes para a conservação e manejo dessas populações, bem como recuperação ou enriquecimento de áreas já degradadas (Camacho & Orozco 1998; Mariot *et al.* 2003; Pereira 2008).

Neste capítulo, visamos caracterizar a fenologia reprodutiva para espécies arbóreas e arbustivas de alta relevância na estrutura vegetacional do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (PNRJ), abordando questões como duração, intensidade, sincronia e sazonalidade dos eventos fenológicos.

## **Materiais e Métodos**

Foram delimitadas sete áreas amostrais dentro das fisionomias de formação abreta de *Clusia* e *Ericaceae* ao longo da estrada que conecta a fazenda São Lazaro à praia de Carapebus. Aproximadamente dez indivíduos adultos de cada espécie selecionada foram marcadas aleatoriamente. Afim de não selecionar indivíduos clonais, apenas um indivíduo por espécie foi escolhido por moita. Os indivíduos foram marcados com uma placa dupla de alumínio e papel cartão e identificados com uma fita colorida para facilitar sua visualização. Cada matriz foi georreferenciada com o auxílio de GPS (Fig 1).

Foram realizadas coletas de material testemunho para todas as espécies, o material foi processado segundo Fidalgo & Bononi (1989) e depositado no Herbário do Instituto de Biologia, Coleção NUPEM (RFA-MAC).

Entre Abril de 2011 a Fevereiro de 2013 foram realizadas saídas de campo quinzenais para o registro dos dados fenológicos, totalizando 49 excursões ao campo no período do estudo e para última quinzena, em março de 2013, os dados fenológicos foram estimados.

As fenofases utilizadas para este estudo foram **Floração**: botão floral (BF), flores em antese (FA) e **Frutificação**: frutos imaturos (verdes) (FV), frutos maduros (FM) (baseado em Alencar *et al.* 1979). Cada fenofase foi assim caracterizada:

- a) Botões florais incluíram desde o início da formação dos botões até o momento em que grande se mantiveram fechados.
- b) Flores em antese foram consideradas a partir da abertura das flores até sua alteração de cores com o aparecimento de manchas ferrugineas que denotam oxidação e/ou queda das pétalas.
- c) A fenofase de frutos verdes foi registrada desde a permanência e modificação do ovário com ganho de tamanho e mudança de e enquanto mantiveram sua coloração verde e aparentemente não estavam preparados para dispersão das sementes.
- d) Frutos maduros foram classificados com a mudança da coloração do fruto, passando de verde para outras cores, em geral arroxeadas, avermelhadas ou amareladas e quando passíveis a dispersão.

Com base na ocorrência de ciclos das fenofases estudadas, foram definidos quatro classes básicas de ocorrência das fenofases: **contínua** (floração e frutificação contínua ao longo do ano com pausas curtas esporádicas, ou sem pausas); **subanual** (floração ou frutificação ocorrendo em mais de um ciclo por ano); **anual** (apresenta apenas um ciclo de floração ou frutificação por ano); **supra-anual** (com ciclo de floração ou frutificação menos frequentes do que uma vez por ano). Quanto à duração, as fenofases foram categorizadas em: **curta** (com 2 a 4 semanas de duração), **intermediária** (de 5 a 20 semanas) ou **longa** (mais 20 semanas de duração).

Para o cálculo do Percentual de Intensidade de Fournier (1974), ou *Índice de Fournier* (IF), modificado por Bianchini *et al.* (2006), foi utilizada uma escala intervalar semi-quantitativa de 0 a 3, para quantificar a ocorrência de fenofases, onde: 0 - sem ocorrência; 1 - de 1 a 33% de ocorrência, 2 - de 34 a 66% de ocorrência; 3 - mais que 66% de ocorrência. Em cada mês, fez-se a soma dos valores de intensidade obtidos para todos os indivíduos de cada espécie e dividiu-se pelo valor máximo possível de escalas intervalares, que neste estudo foi determinado como três. O valor obtido é expresso em um valor percentual, conforme fórmula abaixo:

$$\%FI = \left[ \sum_{i=1}^n x_i / (n * 3) \right] * 100$$

onde  $n$  é o número de indivíduos amostrados para a espécie e  $x_i$  é o valor da escala semi-quantitativa atribuída ao indivíduo  $i$ .

Também foi calculado o *índice de atividade* (IA) de Morellato & Leitão Filho (1990) visando indicar a porcentagem de indivíduos da população que está manifestando determinado evento fenológico e a sincronia entre os indivíduos de uma população (Morellato & Leitão Filho 1990). Neste caso, a fenologia da espécie com base nos indivíduos analisados, foram classificados como: **assincrônico** (< 20% de indivíduos na fenofase); pouco sincrônico ou com **sincronia baixa** (20-60% de indivíduos na fenofase); **sincronia alta** (> 60% dos indivíduos na fenofase) (Bencke & Morellato 2002).

Para classificar as espécies quanto o tipo e a intensidade da fenofase, foi considerado “floração” o período que apresentou flores em antese e “frutificação” o período que apresentou frutos maduros aptos à dispersão.

Para estimar a ocorrência e intensidade de sazonalidade entre cada uma das fenofases, entre os anos, utilizamos estatística circular. Para tal, seguimos os seguintes procedimentos: 1: para cada ano de observação, calculamos a frequência quinzenal de ocorrência do IA para os eventos fenológicos em cada uma das espécies; 2: os meses foram convertidos em dias julianos e posteriormente em ângulos, sendo 0°=01 de janeiro, sucessivamente até 360°=31 de dezembro, assim os intervalos de 15° eram equivalentes as quinzenas; 3: calculamos o ângulo médio e o comprimento do vetor  $r$ , que expressa o quão sazonal é uma fenofase e testamos a significância do ângulo através do teste de Rayleigh ( $z$ ) para a distribuição circular (Zar 1999). As fenofases que apresentaram ângulo médio significativo ( $p < 0,05$ ) foram convertidas em data média, ou seja, data de maior intensidade da fenofase durante o ano. Para os cálculos da estatística circular foi utilizado o programa Oriana (Kovach 2004).

Para analisar a relação de dias longos (DL), dias curtos (DC) e a fenofase floração, as datas de solstícios e equinócios, contidas em Bergamaschi (2000), foram transformadas em ângulos e plotadas sobre os gráficos de IA calculados no Oriana.

Considerando a síndrome de dispersão, as espécies foram ainda classificadas em dois grandes grupos a partir dos seus diásporos, com base nos critérios morfológicos descritos por Van der Pijl (1982), com as seguintes síndromes de dispersão: **zoocoria** (espécies que apresentam diásporos adaptados à dispersão por animais, como por exemplo, frutos carnosos ou com sementes ariladas) e **anemocoria** (espécies com diásporos adaptados à dispersão pelo vento).

As variáveis climáticas de 1961-1990 foram obtidas do Plano de Manejo do PNRJ (ICMBIO 2008). Os dados de Abril de 2011 a Março de 2013 foram obtidos do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes à Estação Meteorológica Automática de Macaé (22°23'S / 41°49'W). Curvas ombrotérmicas foram plotadas com base nas médias mensais de temperatura e na precipitação pluviométrica mensal acumulada. Os períodos secos ( $P < 2T$ ) e subsecos ( $P < 3T$ ) indicados nos diagramas ombrotérmicos, onde P e T representaram, respectivamente, pluviosidade e temperatura, foram identificados conforme Bagnouls & Gaussen (1964 *apud* Ferreira *et al.* 2010).

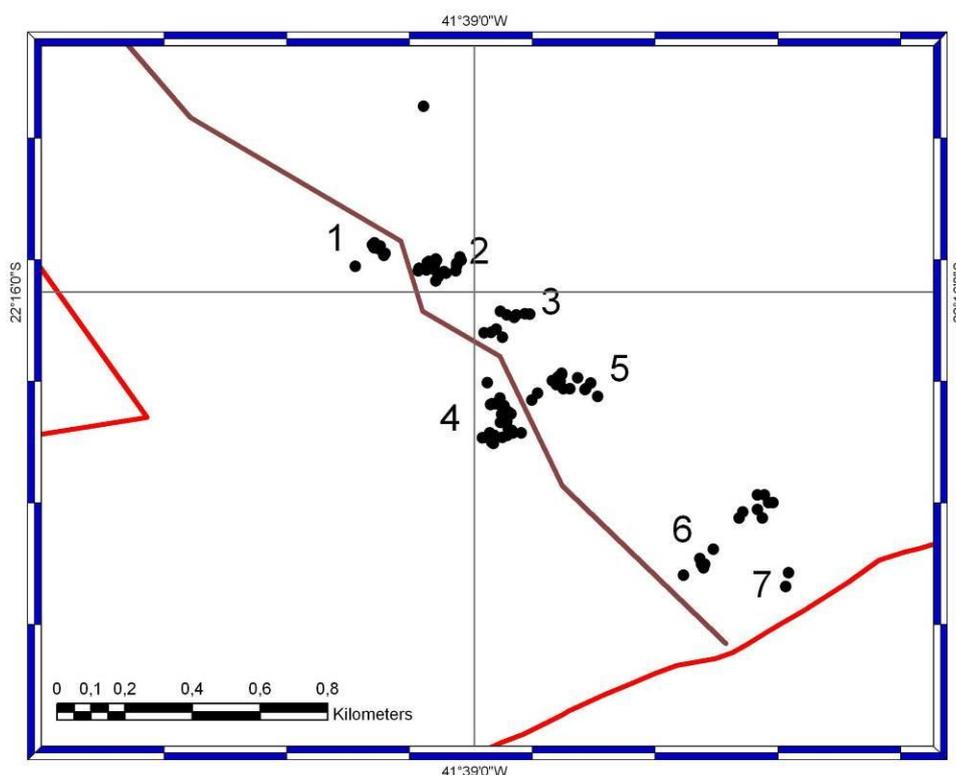


Figura 1: Mapa de localização das sete áreas amostrais selecionadas para o estudo fenológico no PNRJ. Marrom: estrada da Fazenda São Lázaro. Círculo preto: espécimes monitorados.

## Resultados e Discussão

Foram amostradas nove espécies e 111 indivíduos típicos de formações abertas em restinga, ou seja, vegetação pós-praia (PP), formação aberta de *Clusia* (FAC) e formação aberta de Ericácea (FAE) (Tab.1). *Allagoptera arenaria* é a única espécie presente nas três formações. *Byrsonima sericea* e *Manilkara subsericea* ocorrem tanto em FAC quanto FAE. As FAC e FAE formam um mosaico vegetacional no PNRJ. *Clusia hilariana*, *Protium icicariba* e *Myrcia lundiana* em geral ocorrem associadas em moitas de FAC. *Humiria balsamifera*, *Agarista revoluta* e *Ocotea notata* são típicas de FAE e podem formar moitas isoladas ou em consórcio com outras espécies. As espécies *C. hilariana* e *O. notata* são dióicas, em contraste com *A. arenaria* que é uma espécie monóica. As demais espécies exibem flores bissexuadas. *Agarista revoluta* é a única espécie anemocórica.

As Tabelas 2 e 3 resumizam os dados de ocorrência das fenofases reprodutivas e as tipificam quanto aos ciclos, duração e sincronia.

Tabela 1. Espécies de diferentes formações vegetacionais selecionadas para estudo fenológico do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. Formação aberta de *Clusia* (FAC); Formação aberta de Ericácea (FAE), Formação de Pós-Praia (PP). Material testemunho depositado no Herbário do Instituto de Biologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (RFA).

<b>Espécie</b>	<b>Formação Vegetal de Restinga</b>	<b>Nº de indivíduos marcados</b>	<b>Area amostral</b>	<b>Material testemunho</b>
<i>Agarista revoluta</i> (Spreng.) Hook. f. ex Nied.	FAE	10	2 e 5	Machado 150 (RFA)
<i>Allagoptera arenaria</i> (Gomes) Kuntze	PP/FAC/FAE	12	1, 2, 3, 4, 6 e 7	Machado 151 (RFA)
<i>Byrsonima sericea</i> DC.	FAC/FAE	11	3 e 4	Machado 152 (RFA)
<i>Clusia hilariana</i> Schtdl.	FAC	20 (7♀+13♂)	4, 5 e 6	Machado 153, 154 (RFA)
<i>Humiria balsamifera</i> Aubl.	FAE	10	1, 2 e 3	Machado 155 (RFA)
<i>Manilkara subsericea</i> (Mart.) Dubard	FAC/FAE	10	3 e 5	Machado 156 (RFA)
<i>Myrcia lundiana</i> Kiaersk.	FAC/FAE	10	3, 4 e 5	Machado 157 (RFA)
<i>Ocotea notata</i> (Nees & Mart.) Mez	FAE	18 (8♀+10♂)	2 e 3	Machado 158, 159 (RFA)
<i>Protium icicariba</i> (DC.) Marchand	FAC/FAE	10	3, 4, 5 e 6	Machado 160 (RFA)



Tabela 3. Caracterização geral dos eventos reprodutivos, floração e frutificação, quanto ao ciclo, duração e sincronia para espécies arbustivas e arbóreas do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, avaliado por meio do Índice de Atividade. Duração: Curta (↓), Longa (↑), Intermediária (↔) Int. intermediária; Sincronia: assincrônico (Assinc), pouca sincronia (↓Sinc), alta sincronia (↑Sinc). A avaliação da frutificação de plantas masculinas de espécies dioicas não se aplica (N/A).

Espécie	Floração			Frutificação		
	Ciclo	Duração	Sincronia	Ciclo	Duração	Sincronia
<i>A. arenaria</i>	Subanual	↔.	↓Sinc	Subanual	↔	↓Sinc
<i>A. revoluta</i>	Subanual	↔.	↓Sinc	Anual	↔	↓Sinc
<i>B. sericea</i>	Anual	↑	↓Sinc	Anual	↔	↓Sinc
<i>C. hilariana</i> ♀	Anual	↔	↓Sinc	Anual	↔	↓Sinc
<i>C. hilariana</i> ♂	Anual	↔	↓Sinc	Anual	N/A	N/A
<i>H. balsamifera</i>	Contínua	↑	↑Sinc	Contínua	↑	↑Sinc
<i>M. subsericea</i>	Anual	↔	↓Sinc	Anual	↔	↓Sinc
<i>M. lundiana</i>	Anual	↔	↓Sinc	Anual	↔	↓Sinc
<i>O. notata</i> ♀	Anual	↔	↓Sinc	Anual	↑	↓Sinc
<i>O. notata</i> ♂	Anual	↔	↓Sinc	Anual	N/A	N/A
<i>P. icicariba</i>	Anual	↓	↑Sinc	Anual	↓	↑Sinc

## Fenologia Reprodutiva

### Floração

Entre os taxons analisados, *Humiria balsamifera* exibiu um padrão contínuo de floração, apresentando botões florais (BF) e flores em antese (FA) durante quase todo ano com alta sincronia entre os 10 indivíduos amostrados. O mesmo foi encontrado por Faustino & Machado (2006). Apesar da longa duração da floração (BF+FA), a espécie apresentou discrepância nos índices de atividade ao longo do ano (Fig 5,E e G).

Um padrão subanual, de duração intermediária e baixa sincronia entre os indivíduos foi registrado para *Allagoptera arenaria* e *Agarista revoluta*. Para *A. arenaria* este padrão foi mais evidente apenas no primeiro ano de observações, porém com IA menor em relação ao segundo ano (Fig 4, A e C).

As demais espécies apresentaram um padrão anual, florindo (BF+FA) apenas uma vez em um ciclo de 12 meses, diferindo em alguns casos na duração e sincronia das fenofases entre os indivíduos. Dentre estas, *Protium icicariba* foi a espécie com a FA

mais curta, durando cerca de 4 semanas e *Byrsonima sericea* a mais longa, variando de 24 a 28 semanas, aproximadamente. A sincronia entre os indivíduos amostrados, dentre as espécies anuais, revelou-se inversamente proporcional à duração da fase. Sendo alta em *P. icicariba* e baixa em *B.sericea*.

As espécies dióicas, *Clusia hilariana* e *Ocotea notata*, tiveram os indivíduos masculinos e femininos avaliados separadamente. Nas duas espécies, os períodos de FA não apresentaram grande diferenciação nos ciclos entre o primeiro e o segundo ano de observação. Esta regularidade foi evidente também na sincronia da antese entre os indivíduos de flores masculinas e entre os indivíduos de flores femininas. Estas espécies apresentaram a antese de flores masculinas brevemente antecipada em relação à antese de flores femininas. Flores masculinas de espécies dióicas em geral apresentam comportamento de antecipação e maior duração da antese em relação a flores femininas com a possível finalidade deste florescimento adiantado e mais duradouro atrair e manter os polinizadores (Willson 1979; Bawa 1980, 1983; Stephenson & Bertin 1983). Contudo, Loyd (1977, 1995) indica como possíveis razões para este comportamento o fato de flores femininas demandarem um alto custo energético para reprodução e formação de frutos.

A fenofase BF, por incluir os estágios iniciais de formação dos botões florais, em quase todas as espécies nos dois anos de observação, precedeu a fenofase FA em ao menos duas semanas, no restante do ciclo co-ocorrendo com FA até o seu encerramento.

As datas médias indicadas pelos vetores nos gráficos das Figs 5-7 (A,C,E,G) e Figs 8-9 (A,B,D,E), demonstram que seis das nove espécies deste estudo florescem preferencialmente de Julho a Dezembro. *Humiria balsamifera*, *Myrcia lundiana* e *Ocotea notata* concentraram a floração de Janeiro a Junho. Este comportamento promove a distribuição de recursos florais variados ao longo de todo o ano, contudo os meses de Outubro a Dezembro são os de maior atividade, quando todas as espécies são consideradas (Fig 10 A e C).

## ***Frutificação***

Um padrão de ciclo contínuo, de ampla duração e alta sincronia entre os indivíduos é exibido por *H. balsamifera* também na frutificação (FV+FM). Uma longa duração também foi observada em *O. notata*, no entanto essa parece ser resultado do tempo de maturação dos frutos formados e não da contínua produção de flores como em *H. balsamifera*. A ocorrência de frutificação longa ou contínua em espécies zoocóricas assegura a distribuição continuada de recursos para fauna (Zamith & Scarano 2004).

*Agarista revoluta*, ao contrário da floração, apresentou somente um ciclo anual de frutificação, provavelmente devido à duração da fenofase FM que se estendeu por 20 semanas. Esta espécie é, como anteriormente mencionado, uma espécie de frutos secos, capsulares, cujas sementes (diásporos) diminutas, são dispersas pelo vento (anemocoria). Este processo de dispersão só se encerra quando os frutos não contém mais nenhuma semente. Todas as demais espécies apresentaram ciclos anuais de duração.

Para *Allagoptera arenaria* há pouca sincronia para a frutificação. Esta espécie apesar de ocorrer em toda a extensão da área de estudo, se distribui mais densamente na formação de pós-praia. Estas populações responderam aos eventos fenológicos de modo mais sincrônico que as populações interioranas. Quanto à frutificação, os frutos dos espécimes de pós-praia são melhor formados e a predação e/ou dispersão é mais evidente. Dentre os 12 indivíduos monitorados, apenas dois se encontravam nesta formação de restinga, o que pode ter influenciado diretamente os resultados obtidos.

Grenha *et al* (2008) no estudo sobre predação de sementes da espécie *A. arenaria* pelo inseto *Pachymerus nucleorum*, no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba encontraram as maiores taxas de predação entre os meses de Janeiro e Abril, com respectivamente 29,3% e 20,6% de predação, ocorrendo quatro meses após o pico de frutificação. Estas taxas podem ser consideradas baixas se comparados a taxas de predação do mesmo inseto em outra palmeira que atingiu 100% de predação dos frutos caídos no solo (Bondar 1953) Garcia *et al* (1980) que encontrou para a palmeira *Syagrus oleracea* uma média de 60% dos frutos predados pelo mesmo inseto. Isso sugere que esse predador de sementes não apresenta uma regulação denso-dependente para *Allagoptera arenaria*.

A relação inversa entre duração e sincronia foi evidenciada pela frutificação (FV+FM) em *O. notata* e *P. icicariba*. De forma equivalente, FV e FM se sobrepõem pelo menos de 2 a 4 semanas em todas as espécies estudadas. Esta concomitância se dá igualmente entre FA e FV.

Quanto à data média de ocorrência da fenofase FM (Fig 5-7, B,D,F,H; Figs. 8-9 C,F), *Myrcia lundiana* apresentou concentração de frutificação com regularidade entre Julho e Setembro. Esta regularidade ocorreu em *O. notata*, de Outubro a Dezembro e, em *B. sericea*, *C. hilariana* e *P. icicariba* de Janeiro a Março. Alterações mais evidentes foram observadas na marcação da data média para *H. balsamifera* no primeiro ano, registrada no último trimestre e no segundo ano, registrada no primeiro trimestre. Para *A. arenaria*, *A. revoluta* e *M. subsericea* o evento de FM foi inverso.

Como na floração, a oferta de frutos pelas espécies consideradas neste estudo é praticamente contínua ao longo do ano, ressaltando apenas uma queda na frequência geral de indivíduos em frutificação no segundo ano de observação (Fig. 10 B, D).

As datas médias do presente estudo, calculadas pela análise circular, podem ser úteis para confecção de calendários para coleta de sementes (Moraes & Pereira 2003; Moraes *et al.* 2006) que podem ser utilizadas para produção de mudas nativas de restinga (Zamith & Scarano 2004), auxiliando o desenvolvimento de programas de regeneração e recuperação de áreas degradadas deste ecossistema.

## ***Sazonalidade***

Os dados climáticos gerais da região indicam os meses de Abril a Setembro como meses subsecos ( $P < 3T$ ), atingindo o pico negativo em Agosto. Esse período corresponde a um inverno com seca bem definida, denominado como período de estiagem, já que não há grande amplitude térmica ao longo do ano. Os meses de outubro a fevereiro, correspondendo a um verão chuvoso ( $P > 100\text{mm}$ ), são denominados período chuvoso (Fig. 3). Os dados pluviométricos de Abril de 2011 a Março de 2013 indicam que em 2012 o ritmo de chuvas foi bastante irregular, marcado por períodos secos, em ritmo bi a trimestral, e picos curtos de alta pluviosidade ( $> 100\text{mm}$ ). Os primeiros meses de 2013 indicam o mesmo ritmo observado em 2012 (Fig. 3). Segundo

Petry (com. pess.) tais eventos ocasionaram uma baixa considerável no nível das lagoas, especialmente ao Norte do PNRJ, onde as mesmas não são abastecidas por cursos d'água.

A análise circular dos eventos fenológicos apresentados nas Figs 5-10, permite não somente registrar a atividade das fenofases ao longo do ano, mas igualmente testar a sazonalidade das mesmas. Para tal, aplica-se o teste de Rayleigh ( $z$ ), significativo para  $p < 0,05$ , associando-o ao comprimento do vetor  $r$ . A única espécie que não exhibe sazonalidade para floração e frutificação é *H. balsamifera* (Tab. 4)

De forma geral, no primeiro ano de observação a floração foi mais ativa no período chuvoso, registrado de Setembro de 2011 a Janeiro 2012 (Primavera/Verão) (Fig 10A). Durante o segundo ano de observação, as condições climáticas foram distintas, com um longo período de estiagem entre Setembro e Dezembro de 2012, fato que não pareceu causar grande alteração na intensidade de apresentação de flores pelas espécies estudadas (Fig. 10C). Para a frutificação, contudo, a atividade das espécies para a fenofase FM foi claramente menor no segundo ano (Fig. 10D) quando comparada ao primeiro ano (Fig. 10B).

Considerando as espécies individualmente, frente aos registros climáticos, foi possível detectar pequenas alterações interanuais na apresentação de flores (BF+FA) e frutos (FV+FM). Ocorreu uma antecipação na fenofase BF nos indivíduos femininos e masculinos de *C. hilariana*. Um atraso de 2 a 4 semanas foi registrado, especialmente para FM em *C. hilariana* (feminina), *M. lundiana*, *O. notata* (feminina) e *P. icicariba* (Tab. 2). Estes fatos podem ser atribuídos ao Outono chuvoso e à Primavera seca de 2012, porém, essa observação não é suficiente para afirmar que esse padrão se repetirá nos anos subsequentes.

Segundo Morellato *et al.* (1989), espécies zoocóricas tendem a amadurecer seus frutos nos períodos chuvosos ou ao longo do ano, enquanto em espécies anemocóricas a dispersão dos frutos ocorre preferencialmente nos períodos de estiagem. Esse tipo de sazonalidade por períodos relacionados à pluviosidade não ocorreu entre as espécies analisadas neste estudo no PNRJ.

Em estudos realizados em uma comunidade arbórea de floresta semidecídua no sudeste do Brasil, Rubim *et al* (2010) verificaram que o comprimento do dia foi a melhor variável para prever o número de espécies florescendo em quatro anos de

trabalho. A duração do dia e da noite ao longo do ano é um dos fatores determinantes do crescimento e desenvolvimento vegetal. A floração, em especial, é induzida por dias curtos ou longos e por combinações complexas entre duração do dia e temperatura (Larcher 2000). O fotoperíodo, como um fator global e não dependente diretamente das variáveis climáticas, revelou alguns padrões para a floração das espécies em estudo, permitindo a classificação em espécies de DL e espécies de dia curto DC (Salisbury & Ross 2012). Desta forma, *A. revoluta*, *B. sericea*, *C. hilariana*, *M. subsericea* e *P. icicariba* podem ser caracterizadas como espécies DL, com a FA sempre se iniciando antes ou após o equinócio de Setembro, i.e., entre a Primavera e o Verão. As espécies DC foram apenas *M. lundiana* e *O. notata*. Esta classificação só não foi consistente de um ano para o outro para *A. arenaria* e *H. balsamifera* pareceu responder de forma indiferente ao fotoperíodo.

No presente trabalho o comprimento do dia, classificado a partir dos equinócios e solstícios, demonstrou melhor relação com eventos de floração e frutificação, da mesma forma foi a melhor preditora para floração e frutificação em Morellato *et al.* (1989), Stranguetti & Ranga (1997) e Rubim *et al.* (2010).

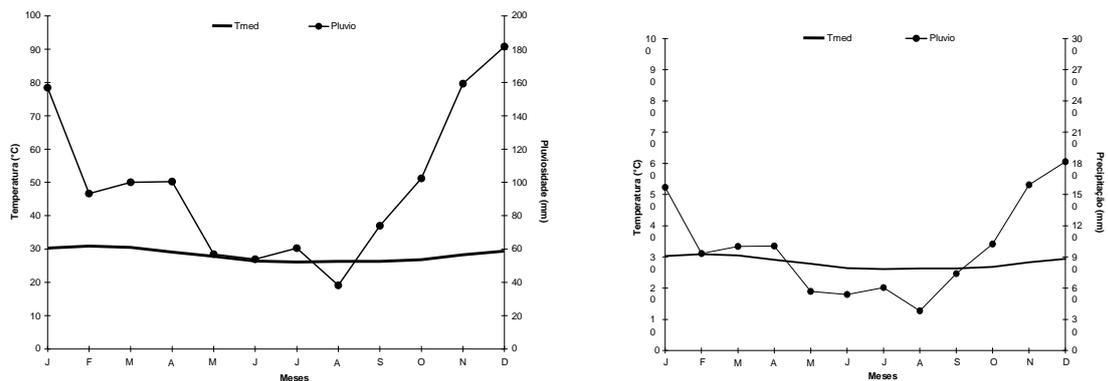


Figura 2. Diagrama ombrotérmico das médias de dados de 1961 a 1990 (Fonte) da estação meteorológica automática de Macaé ( $22^{\circ}23'S / 41^{\circ}49'W$ ). À esquerda, períodos secos ( $P < 2T$ ) à direita períodos subsecos ( $P < 3T$ ). Tmed: temperaturas médias; Pluvio: precipitação pluviométrica.

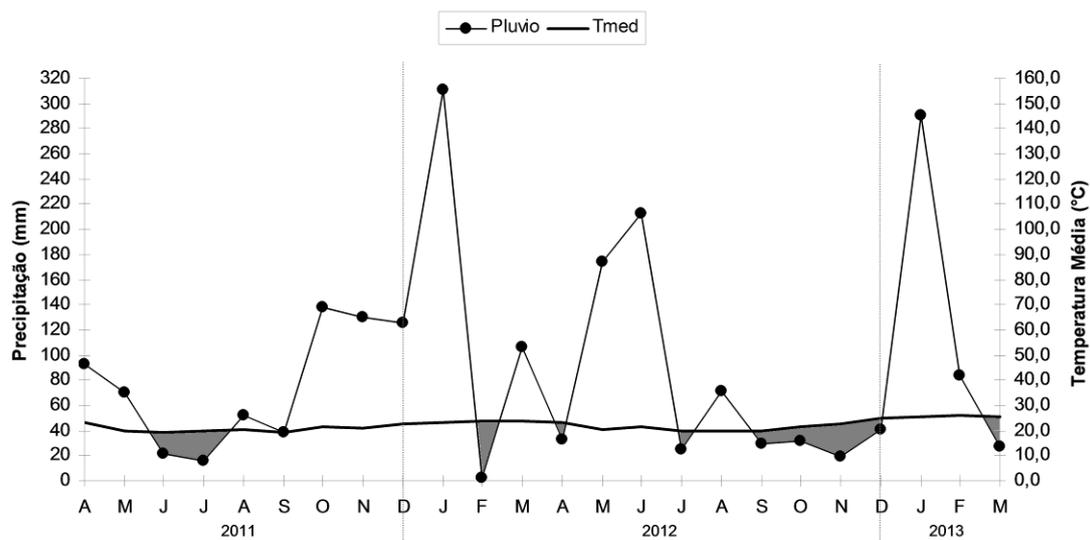


Figura 3. Diagrama ombrotérmico referente ao período de Abril de 2011 a Março de 2013 para a estação meteorológica automática de Macaé ( $22^{\circ}23'S / 41^{\circ}49'W$ ). Períodos secos ( $P < 2T$ ). Tmed: temperaturas médias; Pluvio: precipitação pluviométrica. Fonte: INMET.

## Conclusão

Em ecossistemas tropicais, fica evidente a complexidade dos ritmos biológicos, tanto em plantas quanto em animais. O clima, considerado fator chave na determinação destes ritmos, deve ser analisado num contexto histórico e nem sempre uma única variável é aplicada. Neste estudo, uma avaliação simples com base em alterações de fotoperíodo se revelou um fator sazonal relevante. A apresentação de flores e frutos no PNRJ são fenômenos contínuos. As populações aqui analisadas demonstram haver neste ambiente um conjunto de espécies que respondem às sequências de DL e DC, possivelmente utilizando as guildas de polinizadores e dispersores, de forma a otimizar seus processos reprodutivos, garantindo assim o contínuo oferecimento de recursos a esta fauna. Além da utilização de dados fenológicos, especificamente as datas médias, para auxiliar em programas de recuperação ou regeneração em ambientes de restina.

Contudo, apenas 24 meses de observações e a ausência de dados pregressos para a região não permitiu estabelecer padrões ou evidenciar respostas às variações climáticas.

Portanto, estudos fenológicos tornam-se mais consistentes na medida em que observações de longo prazo são realizadas. Estando este estudo vinculado ao Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração, as perspectivas de continuidade na obtenção de registros podem apresentar padrões mais evidentes.

Figura 4. Análise circular da floração e frutificação das espécies arbustivo-arbóreas do PNRJ, não dióicas. A-D. *Allagoptera arenaria*: A-B. Primeiro Ano. A. Floração, B. Frutificação; C-D: Segundo Ano: C. Floração, D. Frutificação; E-H. *Agarista revoluta*: . E-F. Primeiro Ano. E. Floração, F. Frutificação; G-H: Segundo Ano: G. Floração, H. Frutificação. As barras azuis indicam o índice de atividade (IA). O vetor indica o ângulo médio (dia) de ocorrência da fenofase. O comprimento do vetor médio expressa o índice  $r$ .

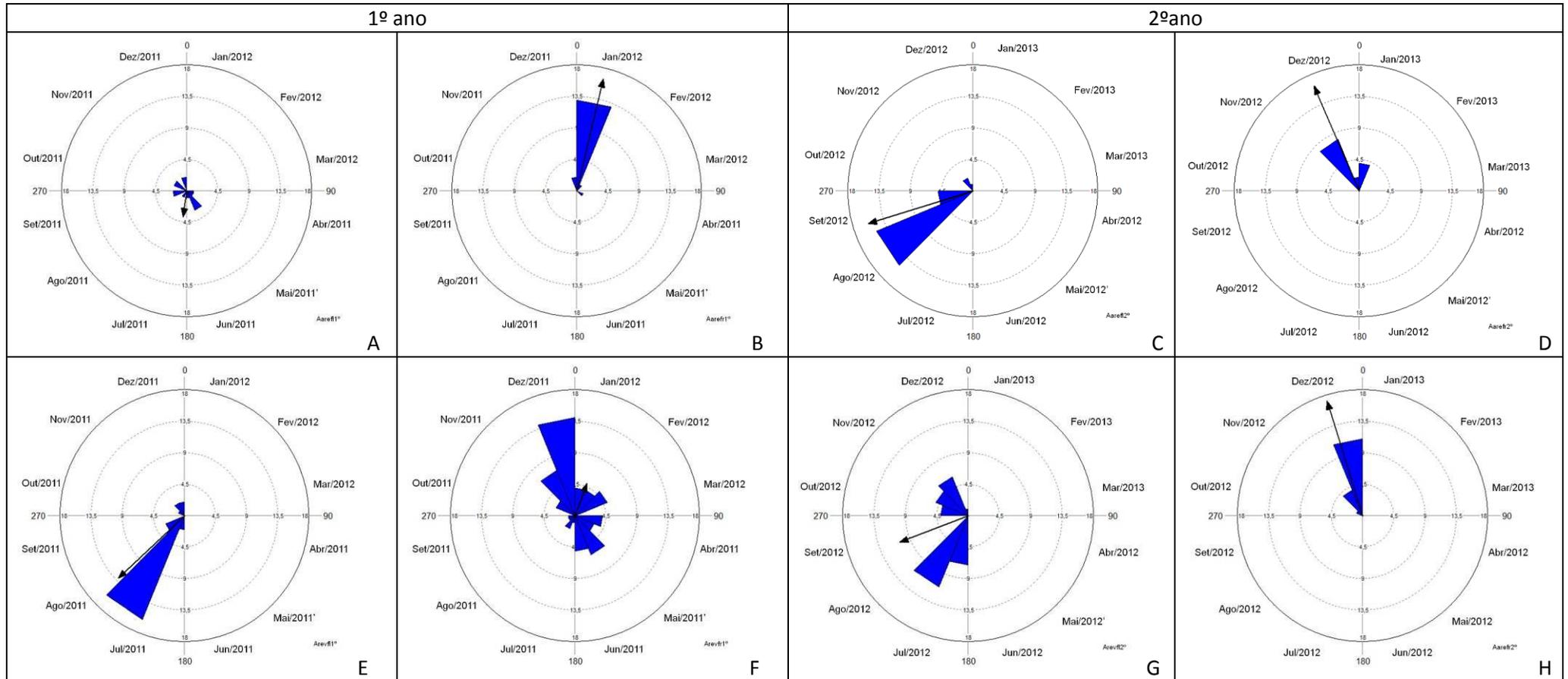


Figura 5. Análise circular da floração e frutificação das espécies arbustivo-arbóreas do PNRJ, não dioicas. A-D. *Byrsonima sericea*: A-B. Primeiro Ano. A. Floração, B. Frutificação; C-D: Segundo Ano: C. Floração, D. Frutificação; E-H. *Humiria balsamifera*: . E-F. Primeiro Ano. E. Floração, F. Frutificação; G-H: Segundo Ano: G. Floração, H. Frutificação. . As barras azuis indicam o índice de atividade (IA). O vetor indica o ângulo médio (dia) de ocorrência da fenofase. O comprimento do vetor médio expressa o índice  $r$ .

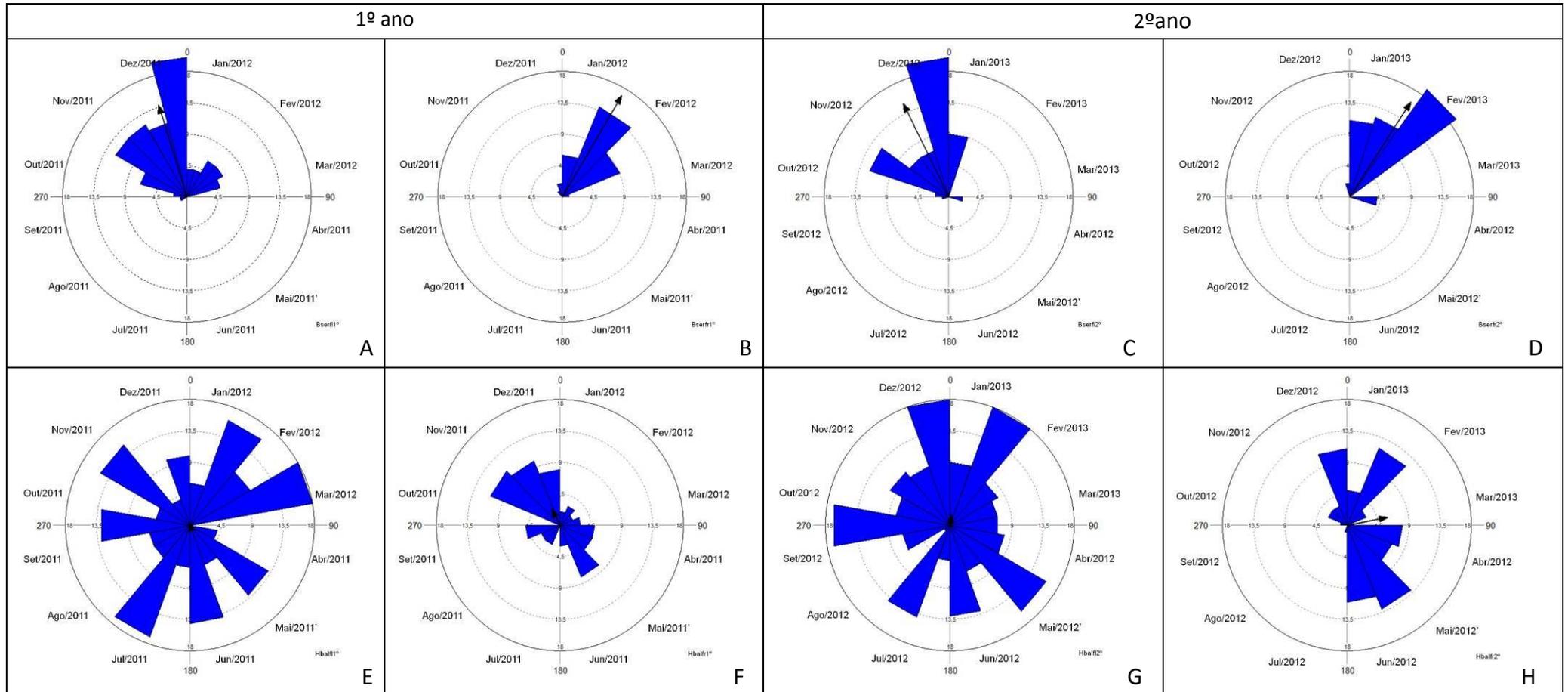


Figura 6. Análise circular da floração e frutificação das espécies arbustivo-arbóreas do PNRJ, não dioicas. A-D. *Manilkara subsericea*: A-B. Primeiro Ano. A. Floração, B. Frutificação; C-D: Segundo Ano: C. Floração, D. Frutificação; E-H. *Myrcia lundiana*: E-F. Primeiro Ano. E. Floração, F. Frutificação; G-H: Segundo Ano: G. Floração, H. Frutificação. As barras azuis indicam o índice de atividade (IA). O vetor indica o ângulo médio (dia) de ocorrência da fenofase. O comprimento do vetor médio expressa o índice  $r$ .

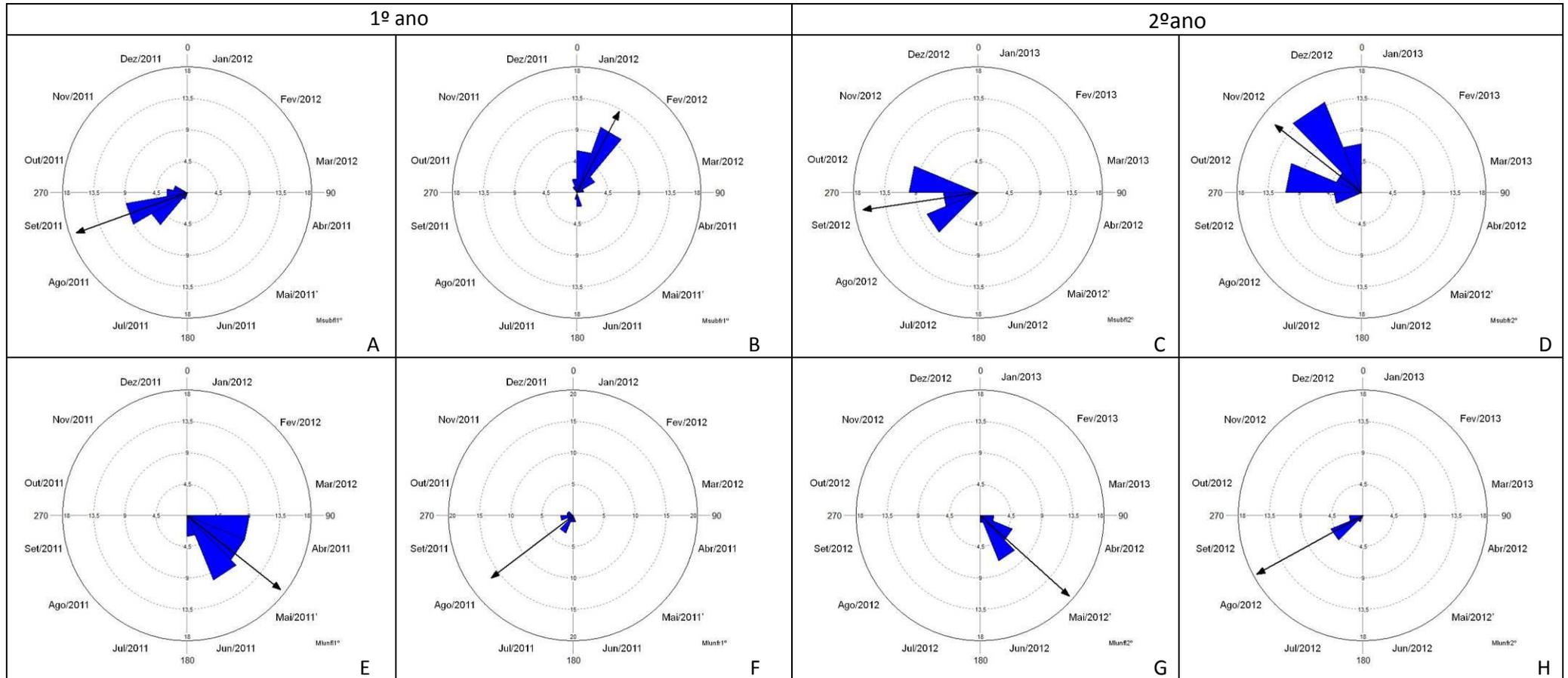


Figura 7. Análise circular da floração e frutificação das espécies arbustivo-arbóreas do PNRJ, não dioicas. A-D. *Protium icariba*: A-B. Primeiro Ano. A. Floração, B. Frutificação; C-D: Segundo Ano: C. Floração, D. Frutificação. As barras azuis indicam o índice de atividade (IA). O vetor indica o ângulo médio (dia) de ocorrência da fenofase. O comprimento do vetor médio expressa o índice  $r$ .

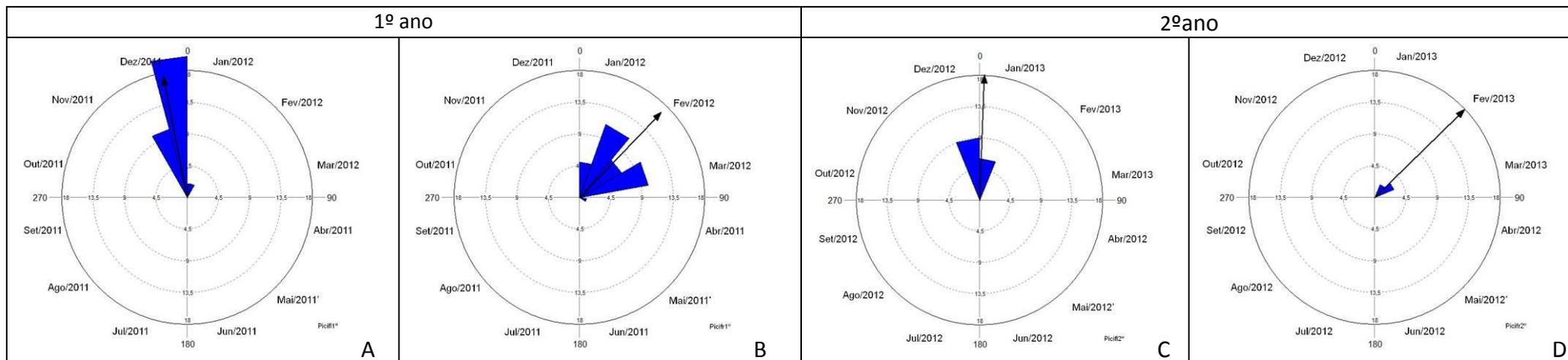


Figura 8. Análise circular da floração e frutificação das espécies arbustivo-arbóreas do PNRJ, dióicas. *Clusia hilariana*: A-C. Primeiro Ano. A. Floração feminina, B. Floração masculina, C. Frutificação; D-F: Segundo Ano: D. Floração feminina, E. Floração masculina, F. Frutificação. As barras azuis indicam o índice de atividade (IA). O vetor indica o ângulo médio (dia) de ocorrência da fenofase. O comprimento do vetor médio expressa o índice  $r$ .

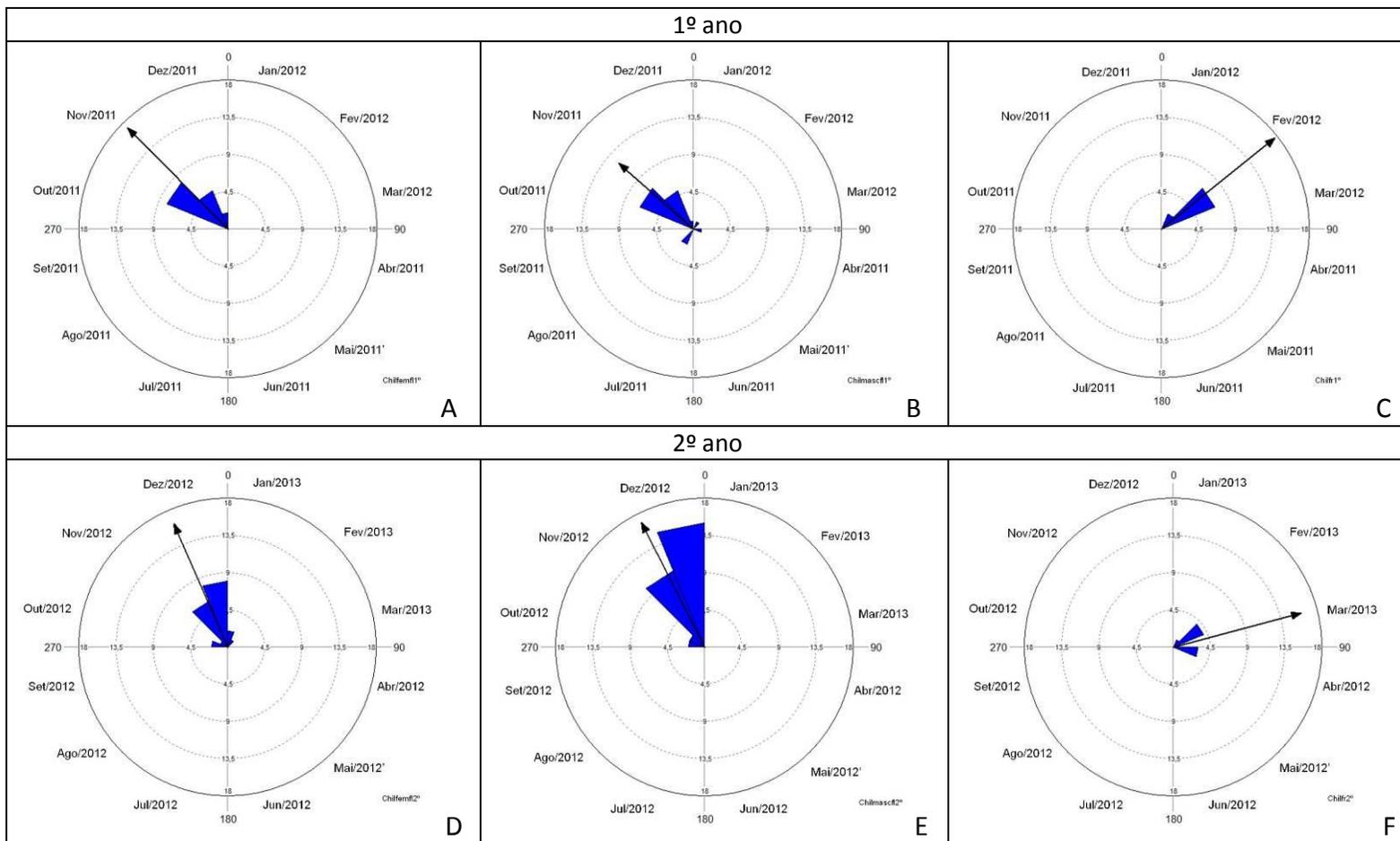


Figura 9. Análise circular da floração e frutificação das espécies arbustivo-arbóreas do PNRJ, dióicas. *Ocotea notata*: A-C. Primeiro Ano. A. Floração feminina, B. Floração masculina, C. Frutificação; D-F: Segundo Ano: D. Floração feminina, E. Floração masculina, F. Frutificação. As barras azuis indicam o índice de atividade (IA). O vetor indica o ângulo médio (dia) de ocorrência da fenofase. O comprimento do vetor médio expressa o índice  $r$ .

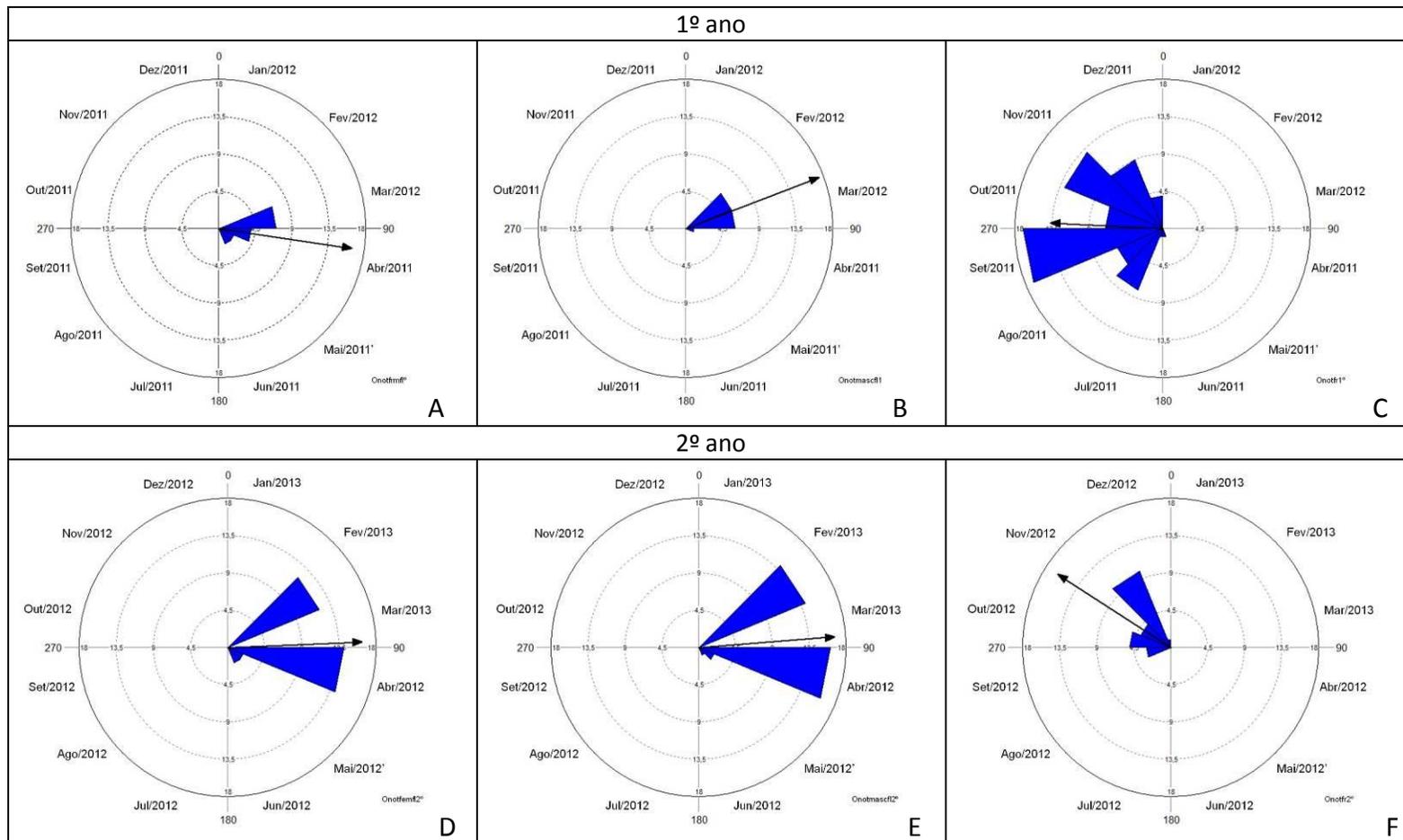


Figura 10. Análise circular total da floração e frutificação das espécies arbustivo-arbóreas do PNRJ. A-B. Primeiro Ano: A. Floração, B. Frutificação. C-D. Segundo Ano: C. Floração, D. Frutificação. As barras azuis indicam o índice de atividade (IA). O vetor indica o ângulo médio (dia) de ocorrência da fenofase. O comprimento do vetor médio expressa o índice  $r$ .

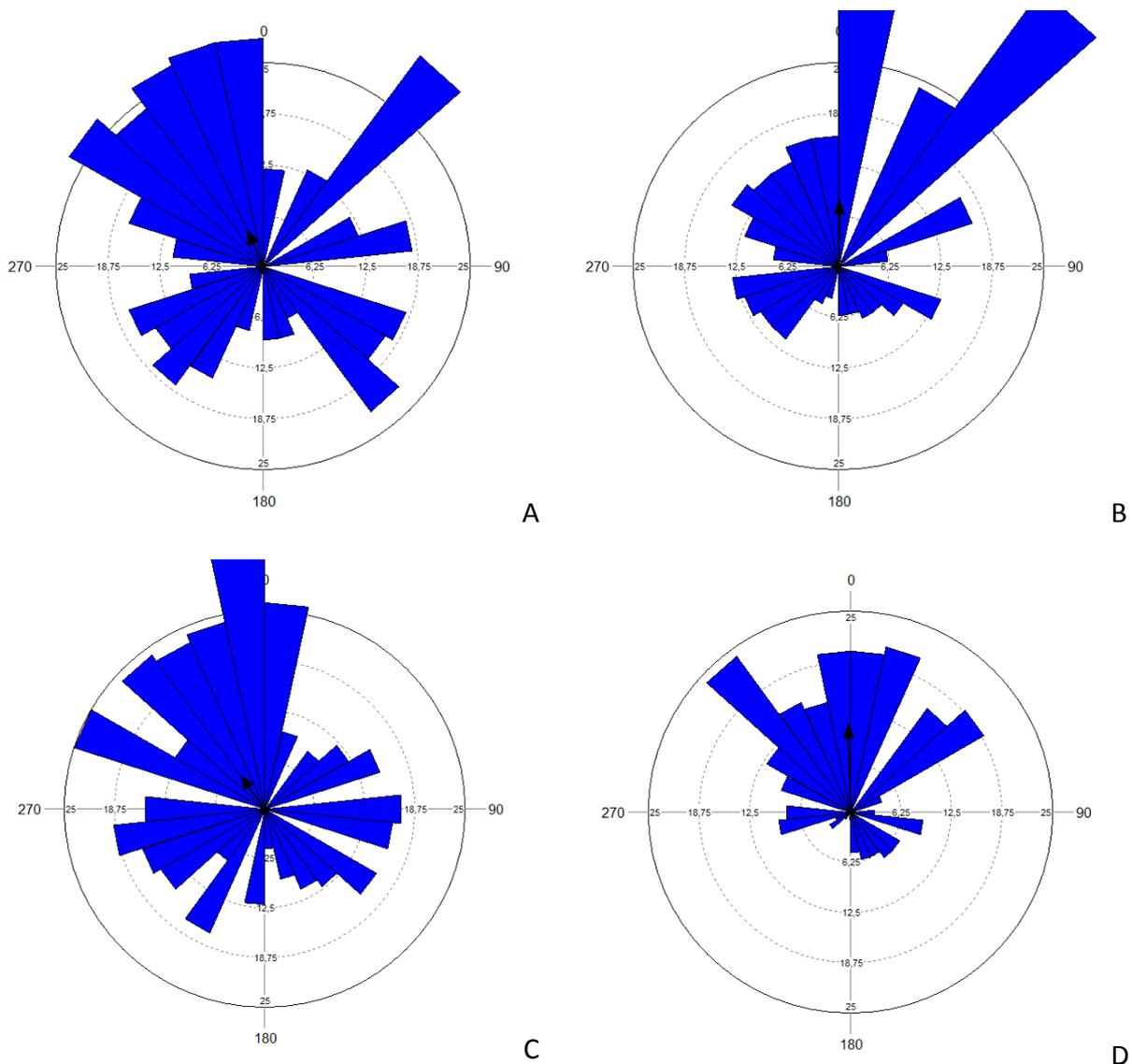


Tabela 4: Resultados dos testes de estatística circular para ocorrência de sazonalidade e data média para duas fenofases para cada ano no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ, Brasil. = somatório anual do número de observações de cada fenofase; *ns* = diferença não significativa ( $p > 0,05$ ); - sem data média calculada; \* correlações altamente significativa.

Espécie	Ano	Nº de observações	Ângulo médio	Data média	Teste de Rayleigh (Z)	Rayleigh (p)
<i>Allagoptera arenaria</i>	Floração (2011-2012)	13	-	-	0,56	ns
<i>Agarista revoluta</i>	Floração (2011-2012)	26	227,03°	15/ago	13,62	*2,51e <sup>-07</sup>
<i>Byrsonima sericea</i>	Floração (2011-2012)	91	342,40°	8/dez	52,95	*< 1e <sup>-12</sup>
<i>Clusia hilariana (fem)</i>	Floração (2011-2012)	15	315,25°	11/nov	13,73	*6,47e <sup>-07</sup>
<i>Clusia hilariana (mas)</i>	Floração (2011-2012)	17	311,28°	6/nov	7,52	*2,37e <sup>-04</sup>
<i>Humiria balsamifera</i>	Floração (2011-2012)	169	-	-	0,07	ns
<i>Manilkara subsericae</i>	Floração (2011-2012)	21	250,46°	7/set	18,78	*1,71e <sup>-08</sup>
<i>Myrcia lundiana</i>	Floração (2011-2012)	31	128,27°	8/mai	28,20	*5,55e <sup>-12</sup>
<i>Ocotea notata (fem)</i>	Floração (2011-2012)	15	315,25°	11/nov	12,48	*1,33e <sup>-06</sup>
<i>Ocotea notata (mas)</i>	Floração (2011-2012)	13	311,27°	7/nov	12,16	*8,46e <sup>-07</sup>
<i>Protium icicariba</i>	Floração (2011-2012)	34	348,73°	14/dez	31,71	*< 1e <sup>-12</sup>
<i>Allagoptera arenaria</i>	Frutificação (2011-2012)	17	336,72°	14/jan	14,09	*3,90e <sup>-07</sup>
<i>Agarista revoluta</i>	Frutificação (2011-2012)	60	-	20/jan	4,47	ns
<i>Byrsonima sericea</i>	Frutificação (2011-2012)	33	30,53°	30/jan	28,70	*3,17e <sup>-12</sup>
<i>Clusia hilariana (fem)</i>	Frutificação (2011-2012)	8	75,02°	16/mar	6,28	*3,21e <sup>-04</sup>
<i>Humiria balsamifera</i>	Frutificação (2011-2012)	71	-	-	1,48	ns
<i>Manilkara subsericae</i>	Frutificação (2011-2012)	26	27,86°	27/jan	13,79	*2,16e <sup>-07</sup>
<i>Myrcia lundiana</i>	Frutificação (2011-2012)	10	232,81°	10/jan	6,77	*2,68e <sup>-04</sup>
<i>Ocotea notata (fem)</i>	Frutificação (2011-2012)	66	272,88°	7/mar	38,12	*< 1e <sup>-12</sup>
<i>Protium icicariba</i>	Frutificação (2011-2012)	34	44,01°	3/fev	29,43	*1,63e <sup>-12</sup>

<b>Espécie</b>	<b>Ano</b>	<b>Nº de observações</b>	<b>Ângulo médio</b>	<b>Data média</b>	<b>Teste de Rayleigh (Z)</b>	<b>Rayleigh (p)</b>
<i>Allagoptera arenaria</i>	Floração (2012-2013)	23	252°	8/set	17,59	*2,81e <sup>-08</sup>
<i>Agarista revoluta</i>	Floração (2012-2013)	34	249,14°	5/set	11,42	*4,16e <sup>-06</sup>
<i>Byrsonima sericea</i>	Floração (2012-2013)	60	333,94°	29/nov	40,98	*< 1e <sup>-12</sup>
<i>Clusia hilariana (fem)</i>	Floração (2012-2013)	20	336,38°	1/dez	16,29	*8,74e <sup>-08</sup>
<i>Clusia hilariana (mas)</i>	Floração (2012-2013)	29	333,01°	29/nov	25,43	*5,97e <sup>-11</sup>
<i>Humiria balsamifera</i>	Floração (2012-2013)	182	-	-	1,19	n/s
<i>Manilkara subsericea</i>	Floração (2012-2013)	23	261,67°	18/set	20,03	*5,82e <sup>-09</sup>
<i>Myrcia lundiana</i>	Floração (2012-2013)	15	131,78°	11/mai	13,79	*6,36e <sup>-07</sup>
<i>Ocotea notata (fem)</i>	Floração (2012-2013)	30	87,57°	27/mar	24,46	*1,15e <sup>-10</sup>
<i>Ocotea notata (mas)</i>	Floração (2012-2013)	33	85,50°	25/mar	28,04	*5,45e <sup>-12</sup>
<i>Protium icicariba</i>	Floração (2012-2013)	15	2,15°	2/jan	15,00	*3,90e <sup>-07</sup>
<i>Allagoptera arenaria</i>	Frutificação (2012-2013)	14	336,72°	2/dez	11,49	*4,16e <sup>-06</sup>
<i>Agarista revoluta</i>	Frutificação (2012-2013)	16	342,61°	8/dez	14,51	*3,99e <sup>-07</sup>
<i>Byrsonima sericea</i>	Frutificação (2012-2013)	48	33,02°	2/fev	38,89	*< 1e <sup>-12</sup>
<i>Clusia hilariana (fem)</i>	Frutificação (2012-2013)	9	51,39°	20/fev	8,547	< 1e <sup>-12</sup>
<i>Humiria balsamifera</i>	Frutificação (2012-2013)	78	78,93°	19/mar	8,41	*2,23e <sup>-04</sup>
<i>Manilkara subsericea</i>	Frutificação (2012-2013)	40	307,72°	3/nov	30,90	*< 1e <sup>-12</sup>
<i>Myrcia lundiana</i>	Frutificação (2012-2013)	8	241,41°	28/ago	7,55	< 1E-12
<i>Ocotea notata (fem)</i>	Frutificação (2012-2013)	23	302,68°	29/out	18,97	1,18E-08
<i>Protium icicariba</i>	Frutificação (2012-2013)	5	45,79°	15/fev	4,93	0,001

## Referências Bibliográficas

- Alencar, J. C.; Almeida, R. A. & Fernandes, N. P. 1979. Fenologia de Espécies Florestais em Floresta Tropical Úmida de Terra Firme na Amazônia Central. *Acta Amazonica* 9(1): 163-198.
- Alexandre, D. Y. 1980. Caractère saisonnier de la frutification dans une forêt hygrophile de Côte-d'Ivoire. *Terre et la Vie-Revue d'Ecologie Appliquée* 34(3): 335-350.
- Almeida, E. M. & Alves, M. A. S. 2000. Fenologia de *Psychotria nuda* e *P. brasiliensis* (Rubiaceae) em uma área de floresta atlântica no Sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 14:335-346.
- Araujo, D. S. D.; Scarano, F. R.; Sá, C. F. C.; Kurtz, B. C.; Zaluar, H. L. T.; Montezuma, R. C. M. & Oliveira, R. C. 1998. Comunidades Vegetais do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. Pp. 39-62. In: F.A. Esteves (ed.). *Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé*. Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Bawa, K. S. 1983. Patterns of flowering in tropical plants. In: Jones, E. & Little, R. J. (Eds. ). *Handbook of experimental pollination biology*. New York: Scientific and Academic Editions, Pp. 394-410 .
- Bencke, C. S. C. & Morellato, L. P. C. 2002. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 25(2): 237-248.
- Bianchini, E.; Pimenta, J. A. & Santos, F. A. M. 2006. Fenologia de *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler) Engl. (Sapotaceae) em floresta sem decídua do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 29: 595-602.
- Bondar, G. 1936. Notas biológicas sobre bruquídeos observados no Brasil. *Arquivos do Instituto de Biologia Vegetal* 3: 7-44.
- Borchert, R. 1994b. Water status and development of tropical trees during seasonal drought. *Trends in Ecology, Evolution and Systematics* 8(3):115-125.
- Boulter, S. L.; Kitching, R. L. & Howlett, B. G. 2006. Family, visitors and the weather: patterns of flowering in tropical rain forests of northern Australia. *Australian Journal of Ecology* 94: 369-382.
- Buchmann, S. L. 1987. The ecology of oil flowers and their bees. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 343-369
- Camacho, M.; Orozco, L. 1998. Patrones fenológicos de doce espécies arbóreas del bosque montano de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 46(3): 533-542.
- Cavalcante, A.; Braz, M. I. G.; de Mattos, E. A. 2010. Germination biology and seedling growth of *Clusia hilariana* Schldl., a dominant CAM-tree of drought-prone sandy coastal plains. *Ecological Research* 25: 781-787.
- Costa, M. L. M. N., Pereira, T. S. & Andrade, A. C. S. 1992. Fenologia de algumas espécies de Mata Atlântica, Reserva Ecológica de Macaé de Cima (estudo preliminar). *Revista do Instituto Florestal* 4:226-232.
- D'Eca-Neves, F. F. & Morellato, L. P. C. 2004. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. *Acta Botanica Brasilica* 18(1): 99-108.

- Faegri, K. & Van der Pijl, L. 1979. *The principles of pollination ecology*. 3o ed. Pergamon Press, London.
- Faustino, T. C. & Machado, C. G. 2006. Frugivoria por aves em uma área de campo rupestre na Chapada Diamantina, BA. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 14:137-143.
- Fenner, M. 1998. The phenology of growth and reproduction in plants. Perspectives in *Plant Ecology, Evolution and Systematics* 1(1): 78-91.
- Ferreira, L. C.; Thomazi, R. D.; Oliveira, D. A. C. & Silva, A. G. 2010. Estrutura populacional e padrão espacial de *Protium icariba* (DC.) Marchand na Área de Proteção Ambiental de Setiba, Espírito Santo, sudeste do Brasil. *Natureza on line* 8(1): 39-45.
- Fidalgo, O. & Bononi, V. L. R. 1989. *Técnica de coleta, preservação e herborização de material botânico*. (Série Documentos) São Paulo. 62p.
- Fleming, T. H. & Williams, C. F. 1990. Phenology, seed dispersal, and recruitment in *Cecropia peltata* (Moraceae) in Costa Rican tropical dry forest. *Journal of Tropical Ecology* 6: 163-178.
- Fontes, J. E. N.; Matos, I. L.; Machado, S. M. F.; Adauto S. Ribeiro & Sócrates C. H. C. 2011. Atividade larvicida do óleo essencial das folhas frescas de *Myrcia lundiana* e *Myrcia guianensis* (Myrtaceae) frente ao aedes aegypti. In: 34° Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Florianópolis, 2011.
- Fournier, L. A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en arboles. *Turrialba* 24(4):.422-423.
- Garcia, A. H.; Rosa, J. A. M. & Costa, M. G. G. 1980. Contribuição ao conhecimento do ataque de *Pachymerus nucleorum* Fabr. 1792 (Bruchidae: Coleoptera) em *Syagrus oleraceae* Mart. (Palmae). *Anais da Escola de Agronomia e Veterinária, Goiânia* 10: 5-11.
- Gatti, A.; Bianchi, C. R.; Xavier R. & Mendes, S. L. 2006. Diet of two sympatric carnivores, *Cerdocyon thous* and *Procyon cancrivorus*, in a restinga area of Espírito Santo State, Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 22:227-230.
- Gomes, R.; Pinheiro, M. C. B.; Lima, H. A. and Santiago-Fernandes, L. D. R. 2010. Biologia floral de *Manilkara subsericea* e de *Sideroxylon obtusifolium* (Sapotaceae) em restinga. *Revista Brasileira de Botânica* 33(2): 271-283.
- Grime, J. P. 2002. *Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties*. 2<sup>a</sup> ed. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, Inglaterra. p. 417.
- Grenha, V.; Macedo, M. V. de; & Monteiro, R. F. 2008. Predação de sementes de *Allagoptera arenaria* (Gomes) O'Kuntze (Arecaceae) por *Pachymerus nucleorum Fabricius* (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 52(1), 50-56. Retrieved April 10, 2013, from [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0085-56262008000100009&lng=en&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0085-56262008000100009&lng=en&tlng=pt). 10.1590/S0085-56262008000100009.
- Heideman, P. D. 1989. Temporal and spatial variation in the phenology of flowering and fruiting in a tropical rainforest. *Journal of Tropical Ecology* 77:1059-1079.
- Hikosaka, K. 2005. Leaf canopy as a dynamic system: Ecophysiology and optimality in leaf turnover. *Annals of Botany* 95: 521-533.
- ICMBIO. 2008. *Plano de Manejo do Parque Nacional da Restinga da Jurubatiba*. Brasília. 801p.
- Kovach Computing Services. 2009. Oriana 2.0 <http://www.kovcomp.co.uk>.
- Larcher, W. 2000. *Ecofisiologia Vegetal*. 2<sup>a</sup>ed., São Carlos. RIMA. 531p.

- Leite, C. O. 1990. *Biologia e Reprodução de Allagoptera arenaria (Gomes) O Kuntze (Diplothemium maritimum MART.) - Palmae, Rio de Janeiro*. MSc Thesis. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.
- Lloyd, D. G.; Webb, C. J. 1977. Secondary sex charaters in plants. *Botanical Review* 43: 177-216.
- Marchioretto, M. S.; Mauhs, J. & Budke, J.C. 2007. Fenologia de espécies arbóreas zoocóricas em uma floresta psamófila no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 21: 193-201.
- Mariot, A.; Mantovani, A.; Reis, M. S. 2003. Uso e conservação de *Piper cernuum* Vell. (Piperaceae) na Mata Atlântica: I. Fenologia reprodutiva e dispersão de sementes. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai* 5(2): 1-10.
- Marques, M. C. M.; Oliveira, P. E. A. M. 2004. Fenologia de espécies do dossel e do sub-dossel de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 27(4): 713-723.
- Monteiro, R. F., Macedo, M. V., Nascimento, M. de S. & Cury, R. S. F. 2007. Composição, abundância e notas sobre a ecologia de espécies de larvas de lepidópteros associadas a cinco espécies de plantas hospedeiras no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. *Revista Brasileira de Entomologia* 51(4), 476-483.
- Morellato, L. P. C.; Leitão Filho, H. F. 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia* 50(1): 163-173.
- Morellato, L. P. C.; Leitão-Filho, H. F.; Rodrigues, R. R.; Joly, C. A. 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia* 50(1): 149-162.
- Morellato, L. P. C. & Leitão Filho, H. F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. Pp. 112-140. In: L.P.C. Morellato (org.). *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil*. Campinas, Unicamp.
- Morellato, L.P.C. & Leitão Filho, H. F. 1996. Reproductive Phenology Of Climbers In A Southeasten Brazilian Forest. *Biotropica* 28(2): 180-191.
- Morellato, L. P. C.; Rodrigues, R. R.; Leitão-Filho, H. F. & Joly, C. A. 1989. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas em fl oresta de altitude e fl oresta mesófi la semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 12: 85-98.
- Negi, G. C. S. 2006. Leaf and bud demography and shoot growth in evergreen and deciduous trees of central Himalaya, India. *Trends in Ecology, Evolution and Systematics* 20: 416-429.
- Newstrom, L. E.; Frankie, G. W.; Baker, H. G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26(2): 141-159.
- Pereira, T. S. 2008. Fenologia de espécies arbóreas em floresta Atlântica da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. *Iheringia, Série Botânica* 63(2): 329-339.
- Pirani, F. R.; Sanchez, M. & Pedroni, F. 2009. Fenologia de uma comunidade arbórea em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, MT. *Acta Botanica Brasilica* 23: 1096-1109.

- Pires-O'Brien, M. J. 1993. Phenology of tropical trees from Jari, lower amazon, I. phenology of eight forest communities. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi* 9:67-92.
- Riveira, G.; Elliott, S. Caldas, L. S. Nicolossi, G.; Coradin, V. T. R. & Borchert, R. 2002. Increasing day-length induces spring flushing of tropical dry forest trees in absence of rain. *Trends in Ecology, Evolution and Systematics* 16: 445-456.
- Rodarte, A. T. A. 2008. *Caracterização espacial, temporal e biologia floral das espécies de restinga, com ênfase nos recursos florais*. Tese (Doutorado) UFRJ/Museu Nacional/Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica).
- Roubik, D. W. 1992. *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge University Press. New York.
- Rubim, P. N., Henrique E. M., & Morellato, L. P. C. 2010. Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 24(3): 756-762.
- Sakai, S.; Momose, K.; Yumoto, T.; Nagamitsu, T.; Nagamasu, H.; Hamid, A. A.; Nakashizuka, T. and Inoue, T. (1999) Plant reproductive phenology over four years including an episode of general flowering in a lowland dipterocarp forest, Sarawak, Malaysia. *American Journal of Botany* 86: 1414-1436.
- Salisbury, F. B. & Ross, C. W. 2012. *Fisiologia das Plantas*. Cap 21 e 23. 4ªed. Cengage Learning.
- Stephenson, G. & Bertin, R. I. 1983. Male competition, Female choice, and sexual selection in plant. In: L. Real. (Ed.) *Pollinization biology*. Orlando: Academic Press, p.110:140.
- Stranguetti, V. & Ranga, N. T. 1997. Phenological aspects of flowering & fruiting at the Ecological Station of Paulo de Faria-SP-Brazil. *Tropical Ecology* 38: 323-327.
- Talora, D. C. & Morellato, L. P. C. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 23:13-26.
- Van Der Pijl, L. 1982. *Principles of dispersal in higher plants*. 3ª ed. Springer Verlag, New York. 214 p.
- Willson, M. F. 1979. Sexual selection in plants. *American Naturalist* 113: 777-790.
- Zamith, L. R. & Scarano, F. R. 2004. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 18:161.176.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. 4ª ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

## **Capítulo II**

*Relações entre as variáveis climáticas e índice de atividade de fenofases reprodutivas em espécies arbóreas e arbustivas, em formações vegetacionais abertas do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Rio de Janeiro, Brasil.*

# **Variáveis climáticas e índice de atividade de fenofases reprodutivas em espécies arbóreas e arbustivas, em formações vegetacionais abertas do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Rio de Janeiro, Brasil.**

## **Introdução**

Diversos estudos relatam a necessidade da realização de análises aprofundadas da influência dos fatores climáticos nas respostas fenológicas de espécies arbóreas tropicais (Ferraz *et al.* 1999; Newstrom *et al.* 1994). Espécies de diferentes grupos funcionais e com síndromes de dispersão podem apresentar estratégias fenológicas distintas (Morellato & Leitão-Filho 1992) e responderem diferentemente aos fatores climáticos (Marques & Oliveira 2004). Entendendo melhor a relação das fenofases com fatores abióticos, é possível prever a época de reprodução das plantas em seu tipo de ambiente (Wright & Van Schaik 1994), auxiliando conservacionistas a prevenirem consequências de perturbações tais como eventos climáticos atípicos ou aquecimento global por meio do comportamento das plantas (Chapman *et al.* 1999).

A fenologia de espécies tropicais tem emergido como um importante foco para pesquisas ecológicas, não somente por sua relevância para estrutura e funcionamento dos sistemas, mas por seu potencial no que diz respeito às questões globais de modelagem, monitoramento e mudanças climáticas (Singh & Kushwaha 2005).

Em geral, os estudos fenológicos buscam correlacionar as variáveis climáticas (pluviosidade, fotoperíodo, temperatura) e fenofases de espécies estudadas (Talora & Morellato 2000; Weiser & Godoy 2001; Tannus *et al.* 2006). No entanto, determinar quais fatores climáticos desencadeiam tais eventos não é uma tarefa fácil (Larcher 2000).

Neste capítulo objetivamos relacionar os padrões fenológicos observados com variáveis climáticas regionais, especificamente temperatura máxima e mínima do ar, umidade relativa do ar, precipitação, pressão atmosférica e radiação, fatores que podem constituir filtros ambientais para determinadas espécies em ecossistemas de restinga.

## Materiais e Métodos

Entre Março de 2011 e Fevereiro de 2013, nove espécies e 111 indivíduos foram amostrados quinzenalmente, através de observações fenológicas. Apenas a última observação fenológica em março de 2013 foi estimada, com base nos eventos fenológicos ocorridos nos meses anteriores a março e no conhecimento fenológico das espécies adquiridos nas observações do ano anterior.

Para relacionar o valor calculado para o índice de atividade (IA) das fenofases floração (FA) e frutificação (FM) com os fatores climáticos pluviosidade, pressão atmosférica, radiação, temperatura e umidade, correlações foram aplicadas.

Uma análise de componentes principais (PCA) foi aplicada em uma matriz ortogonal de médias quinzenais das variáveis climáticas. Nos eixos PCA1 e PCA 2 a posição ocupada pelas amostras no espaço indica a similaridade de variáveis climáticas nas quinzenas de observações fenológicas. Os escores dos eixos PCA1 e PCA2 foram retidos para interpretação e considerados as variáveis respostas.

Correlações utilizando as médias quinzenais das variáveis climáticas da mesma quinzena de observação fenológica, da quinzena anterior à observação fenológica e o índice de atividade (IA) foram realizadas para verificar se as variáveis climáticas ocorridas no período de estudo se relacionaram com o IA das fenofases floração (FA) e frutificação (FM). Foram aplicados testes para verificar a normalidade dos dados (Shapiro Wilk). Os dados não apresentaram distribuição normal, logo foi utilizado o coeficiente de Correlação de Spearman ( $r$ ).

As análises de componentes principais foram realizadas no programa PC-Ord (McCune & Mefford 1999) e as análises univariadas (correlações de Spearman) foram realizadas no programa Statistica 7.0 (StatSoft 2004). O nível de significância adotado para correlações foi  $p < 0,05$ .

As variáveis climáticas de Abril de 2011 a Março de 2013 foram obtidas do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes à Estação Meteorológica Automática de Macaé (22°23'S / 41°49'W).

## Resultados e Discussão

Os dados pluviométricos de Abril de 2011 a Março de 2013 indicam que o ano de 2011 apresentou um padrão climático aproximado ao observado nos dados climatológicos dos últimos 30 anos para a região, porém em 2012 o ritmo de chuvas foi bastante irregular, marcado por períodos secos em ritmo bi a trimestrais e picos curtos de alta pluviosidade ( $>100\text{mm}$ ), parecendo ocorrer um adiantamento de pluviosidade para os meses de maio e junho, que geralmente começaria em outubro e novembro, tornando os referidos meses, juntamente ao mês de dezembro, meses com déficit hídrico. Esse resultado contrapõem ao conhecido para o período, que geralmente seria a época do ano com maiores índices pluviométricos.

Os dados climáticos gerais da região indicam os meses de abril a setembro como meses subsecos ( $P < 3T$ ), atingindo o pico negativo em agosto. Corresponde a um inverno com seca bem definida, denominado como meses de estiagem, já que não há grande amplitude térmica ao longo do ano. Os meses de outubro a fevereiro, correspondendo a um verão chuvoso ( $P > 100\text{mm}$ ), denominados meses chuvoso.

As variáveis climáticas, pressão atmosférica e radiação nos meses de estiagem apresentaram valores sempre menores aos encontrados nos meses chuvosos. A amplitude térmica entre os meses do ano não apresentou altos desvios, no ano de 2011 a menor temperatura foi observada em maio  $19,3^{\circ}\text{C}$  e a máxima de  $26,6^{\circ}\text{C}$ , enquanto 2012 apresentou temperatura mínima de  $20^{\circ}\text{C}$  e máxima de  $27,4^{\circ}$ .

As análises de componentes principais (PCA) do primeiro e do segundo ano de estudo (Fig.1) segregaram datas das coletas em função das variáveis climáticas. No primeiro ano de estudo as variáveis climáticas pressão atmosférica e temperatura máxima foram as variáveis que mais contribuíram para a formação do eixo PCA1 que explicam 47,5% da variância dos dados da matriz original, enquanto umidade e pressão atmosférica influenciaram o eixo PCA2 que representou 39,7% da variância. A formação dos eixos PCA1 e PCA2 resultaram na explicação de 87,3% da variância dos dados analisados (Tab. 1A).

Tabela 1. Autovalores dos eixos na análise de componentes principais (PCA). A: Dados no primeiro ano de coleta (abril de 2011 à março de 2012); B: dados do segundo ano de estudo (abril de 2012 à março de 2013).

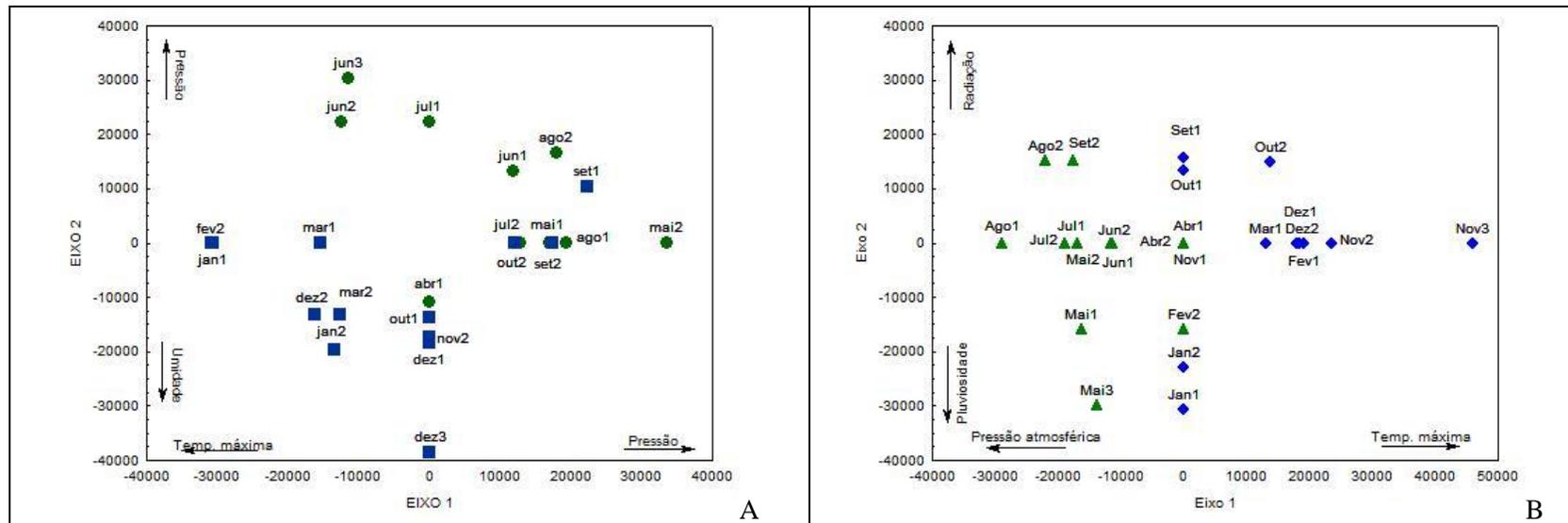
Eixos	Auto Valor	% da Variância	Acumulado % de Var.	Auto Valor de Broken-stick
1	2.854	47.566	47.566	2.450
2	2.385	39.743	87.309	1.450
3	0.400	6.675	93.983	0.950
4	0.243	4.056	98.039	0.617
5	0.116	1.936	99.975	0.367
6	0.001	0.025	100.000	0.167

A

Eixos	Auto Valor	% da Variância	Acumulado % de Var.	Auto Valor de Broken-stick
1	3.057	50.956	50.956	2.450
2	1.750	29.168	80.124	1.450
3	0.733	12.224	92.349	0.950
4	0.372	6.192	98.541	0.617
5	0.087	1.453	99.994	0.367
6	0.000	0.006	100.000	0.167

B

Figura 1. Análise de componentes principais (PCA 1 e PCA 2), ordenando as datas de coleta em função dos fatores climáticos: pluviosidade, pressão, radiação, temperatura máxima, temperatura mínima e umidade, as variáveis utilizadas na análise. A: primeiro ano de coleta (Abril de 2011 à Março de 2012); B: segundo ano de estudo (Abril de 2012 à Março de 2013).



A pluviosidade não foi uma variável determinante na formação dos eixos da PCA no primeiro ano. No 1º ano houve agrupamento das amostras de meses de estiagem e chuvosos em função do eixo PCA2.

Na análise do segundo ano, o eixo PCA1 representou 50,9% da variância enquanto o eixo PCA2 da 29,2%. Os dois eixos explicam 80,1% da variância total das amostras. As amostras foram agrupadas em meses de estiagem e chuvosos em função do eixo PCA1 (Tab1)

Nas análises de PCA no primeiro e no segundo ano de estudo, as datas de coleta foram segregadas principalmente em função da pressão atmosférica e temperatura máxima. A pressão atmosférica nos dois anos de estudo agrupou os meses de estiagem, revelando que as variações de pressão influenciam meses com baixos índices pluviométricos, enquanto a temperatura máxima se relacionou com os meses chuvosos.

Nas análises de correlações de Spearman (tab. 2 e fig. 2) todas as espécies apresentaram correlação significativa entre o IA com alguma das variáveis climáticas, seja no primeiro ano, seja no segundo ou em ambos. Excetuando para *Ocotea notata* (masculina) e *Protium icicariba* que não apresentaram correlação significativa com nenhuma variável climática. *Agarista revoluta* e *Myrcia lundiana* apresentaram correlações significativas com temperatura e pressão atmosférica somente com FM (fig. 2). As correlações significativas corroboram a hipótese que os fatores climáticos em ambientes de restinga são determinantes do ciclo fenológico, ou seja, no ciclo de desenvolvimento das plantas, como apontado em Gomes *et al.* (2008) e Rodarte (2008) em ecossistemas de restinga.

Para os dois anos analisados as fenofases FA e FM apresentaram respectivamente 47% e 53% das correlações significativas (Figs. 3A,E). O fator climático temperatura (Tem= Tmax+Tmin) foi responsável por 46% das correlações significativas nesse estudo (Figs. 3B,F). Estudos fenológicos em outros ambientes tropicais, como cerrado (Morellato *et al.* 1989), floresta atlântica (Pereira 2008), caatinga (Barbosa *et al.* 2003), floresta amazônica (Alencar 1990) a temperatura foi a variável climática que mais influenciou as fenofases.

A variável temperatura apresentou correlações positivas com o evento de floração do primeiro ano com os eventos de frutificação nos dois anos de estudo. O aumento da temperatura coincidiu com o aumento da IA na maioria das espécies (fig.

2). Rodarte (2008) encontrou correlações positivas entre flores em antese e temperatura para espécies vegetais de restinga. Os resultados sugerem que o aumento da temperatura é um fator essencial para o IA de espécies de restinga.

A pluviosidade apresentou baixo percentual de correlações significativas com FA e FM (12%, apenas no primeiro ano) segundo Talora & Morellato (2000) e Marques & Oliveira (2004). As correlações de pluviosidade com o IA, tanto para FA quanto FM, foram positivas apenas no primeiro ano de estudo, que foi o ano mais similar com as médias climáticas dos últimos 30 anos, o clima do segundo atípico com períodos secos, subsecos mais acentuados com adiantamento da pluviosidade. As correlações positivas ocorreram em apenas três espécies e aparentemente a falta de correlação com pluviosidade não afetou o desenvolvimento das fenofases no segundo ano de estudo. Em estudos em matas de restinga realizados por Marques e Oliveira (2004) as relações entre fenofases e precipitação foram fracas, assim como ocorreu no presente estudo.

Em regiões tropicais, a pluviosidade é apontada como fator determinante dos padrões fenológicos (Opler *et al.* 1976). De tal modo, nas florestas tropicais os eventos fenológicos como a queda de folhas, brotação e floração estão fortemente relacionadas com o total de chuvas e sua distribuição ao longo do ano (Borchert 1998), assim como com a disponibilidade de água no solo e atmosfera (Lemos Filho & Mendonça Filho 2000). No entanto, em restinga, a pluviosidade não é um fator determinante se comparada a outros fatores climáticos. Nas restingas predominam os solos arenosos, que permitem que a água de chuva atravesse facilmente suas camadas. Segundo Dau (1960), a pouca relação com pluviosidade neste ecossistema pode ocorrer pela presença de orvalho e de lençóis freáticos pouco profundos nesses ambientes.

No primeiro ano de estudo a variável climática umidade apresentou maior percentual de correlações significativas com FA (22%). Para a FM, a variável que apresentou maior percentual de correlação significativa foi temperatura (50%). Entretanto, no segundo ano a variável climática pressão atmosférica foi a variável com maior percentual de correlações significativas com as fenofases FA e FM (Figs 3 C,D,G,H).

A pressão atmosférica apresentou correlações negativas, dessa forma o com o aumento da pressão acarreta na diminuição no IA das fenofases. Na região de estudo nos dois anos analisados a pressão atmosférica foi menor no período de estiagem e

maior no período chuvoso. A frutificação da maioria das espécies incluídas nesse estudo ocorreu no período chuvoso, provavelmente a pressão pode influenciar de alguma forma este comportamento fenológico nas plantas. Provavelmente a pressão atua em conjunto ou interfere nas relações de outras variáveis climáticas. Logo destacamos a necessidade de estudos com outras variáveis climáticas além de temperatura e pluviosidade.

Gois *et al.* (2012) relatou uso da pressão atmosférica em estudos de áreas urbanas com o objetivo de caracterizar espécies fitoindicadoras de mudanças climáticas globais, porém esta variável não apresentou correlações significativas. Enquanto Rodarte (2008) relatou uso da pressão atmosférica em estudos fenológicos na APA da restinga de Maricá e assim como nesse estudo encontrou correlações significativas. Para verificar o potencial de uso dessa variável em restingas e outros ambientes será necessária a investigação do comportamento dessa variável a longo prazo.

A radiação não apresentou nenhum padrão nos dois anos de estudo.

As correlações de Spearman das fenofases floração e frutificação com dados climatológicos da última quinzena apresentaram um mesmo padrão interanual.

## **Conclusão**

Toda e qualquer variável climática pode influenciar o ritmo biológico dos organismos. A aplicação de análises estatísticas relacionando estas variáveis às fenofases é uma ferramenta imprescindível para a determinação de quão significativa é essa influência. Correlações, contudo, não explicam relações de causa e efeito e, sim que os fenômenos coexistem. Em estudos fenológicos, é clássica a abordagem de significância das variáveis pluviosidade e temperatura, como gatilhos para o início das fenofases em plantas.

Tanto o evento de floração quanto o evento de frutificação evidenciaram alto percentual de correlação com temperatura, mesmo não havendo grande amplitude desta variável ao longo do ano. Paralelamente, comparada a outros estudos realizados em ambiente de restinga, a pressão atmosférica se mostrou significativa e deve, portanto,

ser uma variável ambiental melhor investigada. Em particular, no PNRJ, no período de Abril de 2011 a Março de 2013, o clima não se apresentou como o esperado, frente à média de 30 anos, ocorrendo em 2012, vários eventos de seca, intercalados com períodos de alta precipitação. Desta forma, a variável pluviosidade não foi significativa para nenhuma das fenofases em nenhuma das espécies nesse mesmo ano

O evento de seca e sua influência sobre as fenofases não é conclusivo, mas torna-se um ponto de partida para análise futura.

Tabela 2. Índices de correlação de Spearman (rs) entre as médias e somatório quinzenais dos fatores climáticos e as fenofases de floração e frutificação. Entre parênteses o valor do índice de correlação de Spearman (rs) para  $p < 0,05$ . A: primeiro ano; B: segundo ano. (Plu= pluviosidade; PA = pressão atmosférica; Rad = radiação; Tem = temperatura e Umi = umidade. asterisco (\*) = sem correlação significativa. N/A = não se aplica.

Espécies	Flores em antese	Frutos maduros	Espécies	Flores em antese	Frutos maduros
<i>Allagoptera arenaria</i>	T. máx (-0,41)	Pa (-0,46)	<i>Allagoptera arenaria</i>	Umi (-0,57)	T. máx (0,39)
	T. mín (-0,40)	*		*	Pa (-0,45)
	Rad (-0,57)	*	<i>Agarista revoluta</i>	*	Tem. máx (0,59)
<i>Agarista revoluta</i>	*	Pa (-0,48)		*	Tem. mín (0,58)
<i>Byrsonima sericea</i>	Plu (0,44)	T. máx (0,72)		Pa (-0,47)	Pa (-0,45)
	Umi (0,48)	T. mín (0,74)		Tem. máx (0,58)	*
	Pa (-0,72)	Pa (-0,67)		Tem. mín (0,53)	*
<i>Clusia hilariana (fem)</i>	Plu (0,64)	*		Pa (-0,66)	*
	Umi (0,69)	*	<i>Byrsonima sericea</i>	Pa (-0,47)	Pa (-0,45)
	Pa (-0,73)	*		Tem. máx (0,58)	-
<i>Clusia hilariana (mas)</i>	Plu (0,52)	n/a		Tem. mín (0,53)	-
<i>Humiria balsamifera</i>	Rad (0,43)	Plu (0,44)		Pa (-0,66)	-
	*	Umi (0,48)	<i>Clusia hilariana (fem)</i>	Tem. máx (0,71)	Umi (0,44)
	*	Rad (-0,46)		Tem. mín (0,68)	Rad (-0,42)
<i>Manilkara subsericea</i>	T. máx (-0,60)	T. máx (0,80)		Pa (-0,78)	*
	T. mín (-0,59)	T. mín (0,79)	<i>Clusia hilariana (mas)</i>	Tem. máx (0,64)	n/a
	*	Rad (0,56)		Tem. mín (0,61)	*
	*	Pa (-0,43)		Pa (-0,66)	*
<i>Myrcia lundiana</i>	*	T. máx (-0,51)	<i>Humiria balsamifera</i>	Tem. máx (0,61)	Umi (0,46)
	*	T. mín (-0,55)		Tem. mín (0,59)	Rad (-0,45)
	*	Pa (0,57)		Pa (-0,64)	*
<i>Ocotea notata (fem)</i>	Umi (0,42)	T. máx (-0,57)	<i>Manilkara subsericea</i>	Umi (-0,53)	Tem. máx (0,47)
	*	T. mín (-0,56)		Rad (0,57)	Tem. mín (0,47)
<i>Ocotea notata (mas)</i>	T. máx (0,44)	n/a		*	Pa (-0,47)
	T. mín (0,44)	n/a	<i>Myrcia lundiana</i>	*	Tem. máx (-0,47)
<i>Protium icariba</i>	Umi (0,44)	T. máx (0,69)		*	Tem. mín (-0,49)
	Pa (-0,63)	T. mín (0,71)		*	Pa (0,49)
	*	Rad (0,49)	<i>Ocotea notata (fem)</i>	*	Umi (-0,47)
				*	Pa (-0,45)
			<i>Ocotea notata (mas)</i>	*	n/a
			<i>Protium icariba</i>	*	*

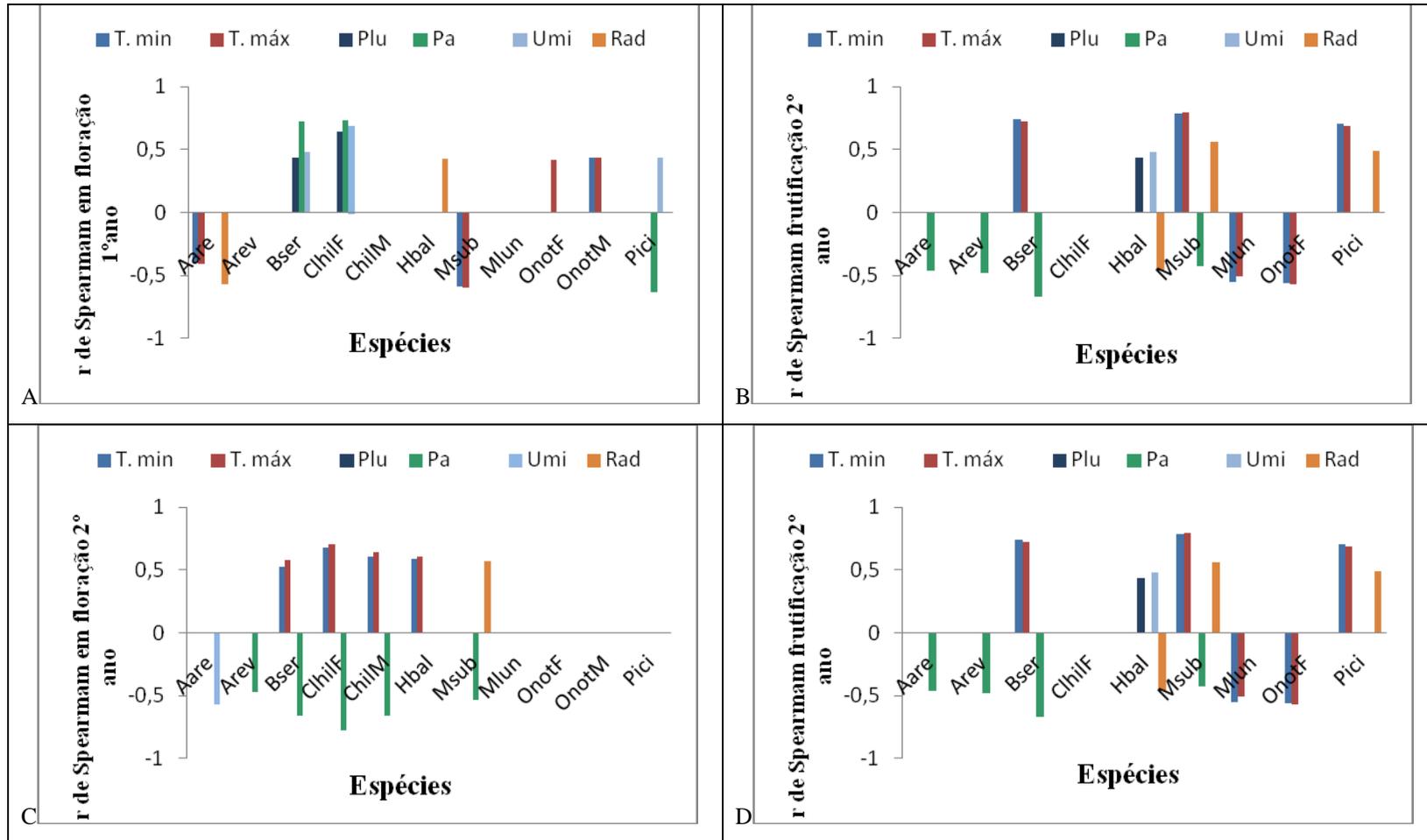


Figura 2. Valores de r nas correlações de Spearman entre as variáveis climáticas e o índice de atividade. A-B. Primeiro Ano: A. Floração, B. Frutificação. C-D. Segundo ano: C. Floração, D. Frutificação. Legenda: T. mín (temperatura mínima), T. Max (temperatura máxima), Plu (pluviosidade), Pa (pressão atmosférica), Umi (umidade relativa do ar), Rad (radiação).

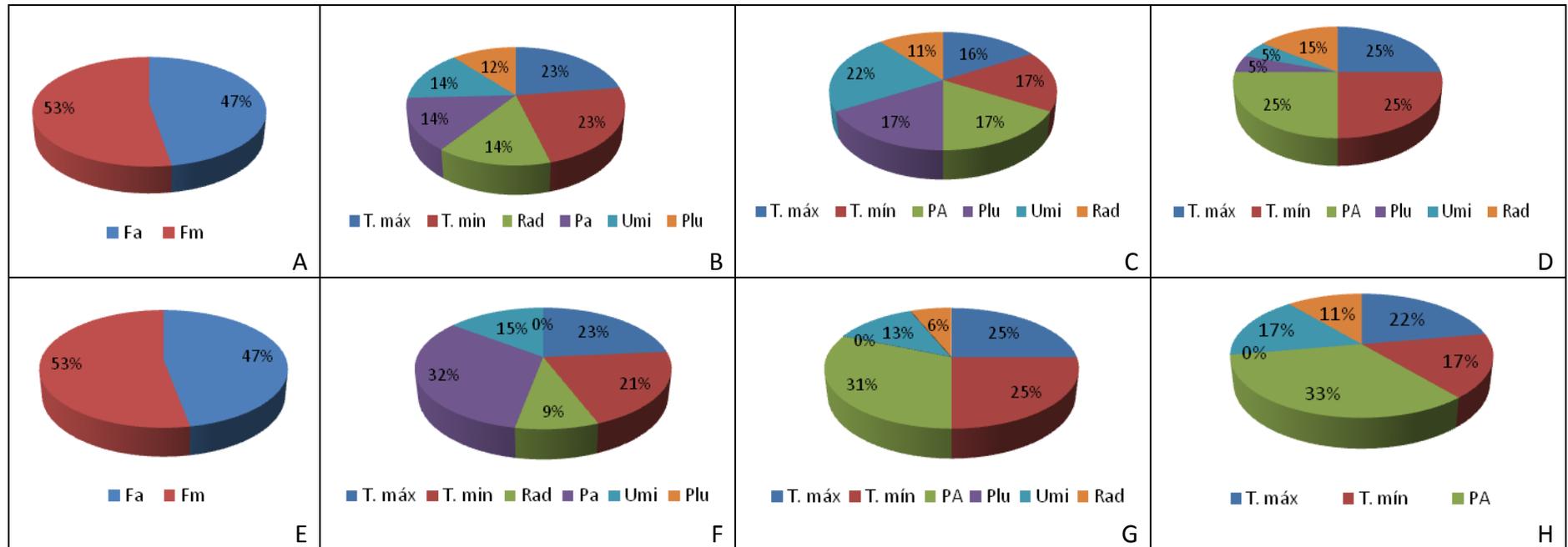


Figura 3. Percentual das correlações de Spearman para o primeiro e segundo ano de observações fenológicas. A-D. Primeiro ano: A. percentual de significância entre os eventos floração e frutificação; B. percentual das variáveis climáticas significativas; C. percentual de variáveis climáticas significativas na fenofase flor em antese, D. percentual de variáveis significativas na fenofase frutos maduros. E-H. Segundo ano: E. percentual de significância entre os eventos floração e frutificação; F. percentual das variáveis climáticas significativas; G. percentual de variáveis climáticas significativas na fenofase flor em antese, H. percentual de variáveis significativas na fenofase frutos maduros. Variáveis climáticas: T. máx = temperatura máxima, T. mín = temperatura mínima, Pa = Pressão atmosférica, Umi = Umidade e Rad = radiação.

## Referências Bibliográficas

- Alencar, J. C. 1990. Interpretação fenológica de espécies lenhosas de campina na Reserva Biológica de Campina do INPA ao norte de Manaus. *Acta Amazonica* 20(1):145-183.
- Barbosa, D. C. A.; Barbosa, M. C. A.; Lima, L. C. M.n. 2003. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga. In: Leal, I. R.; Tabarelli, M.; Silva, J. M. C. (Eds.). *Ecologia e conservação da caatinga*. Recife: Universitária UFPE. p.657-693.
- Borchert, R. 1998. Responses of tropical trees to rainfall seasonality and its long-term changes. *Climatic Change* 39: 381–393
- Chapman, C.A.; Wrangham, R.W.; Chapman, L.J.; Kennard, D.K. & Zanne, A.E. 1999. Fruit and flower phenology at two sites in Kibale National Park, Uganda. *Journal of Tropical Ecology* 15(2): 189– 211.
- Dau, L. 1960. Microclimas das restingas do sudeste do Brasil. I - Restinga interna de Cabo Frio. *Arquivos do Museu Nacional* 50: 79-133.
- Ferraz, D.K.; Artes, R.; Mantovani, W. & Magalhães, L.M. 1999. Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. *Revista Brasileira de Biologia* 59(2): 305-317.
- Gois, D.V.; Barbosa, E.; Souza, H.T.R.; Reis, V.S. & Souza, R.M. 2012. Uso de Espécie Fitoindicadora como Subsídio ao Monitoramento de Mudanças Ambientais em Áreas Urbanas. *Revista Brasileira de Geografia Física* 04: 725-740
- Gomes, V.S.M., Loisel, B.A. & Alves, M.A.S. 2008. Forrageamento de aves por frutos e insetos em restinga arbustiva, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica* 8(4).
- Larcher, W. 2000. *Ecofisiologia Vegetal*. 2ªed., São Carlos. RIMA. 531p.
- Lemos Filho, J.P. & Mendonça Filho, C.V. 2000. Seasonal changes in the water status of three woody legumes from the Atlantic forest, Caratinga, Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 16: 21–32.
- Marques, M.C.M. & Oliveira, P.E.A.M. 2004. 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* 27(4): 713-723.
- McCune, B. & Mefford, M.J. 1999. *PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 4*. MjM Software Design, Gleneden Beach , OR .
- Morellato, L.P.C.; Rodrigues, R.R.; Leitão Filho, H.F. & Joly, C.A. 1989. Estudo fenológico comparativo de espécies arbóreas de Floresta de Altitude e Floresta Mesofila Semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, SP. *Revista Brasileira de Botânica* 12(1/2):85-98.
- Morellato, L.P.C. & Leitão Filho, H.F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. Pp. 112-140. In: L.P.C. Morellato (org.). *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil*. Campinas, Unicamp.
- Newstrom, L.E.; Frankie, G.W. & Baker, H.G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26(2): 141-159.

- Opler, P.A., Frankie, G.W. & Baker, H.G. 1976. Rainfall as a factor in the release, timing, and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. *Journal of Biogeography* 3:231-236.
- Pereira T. S.; Costa M. L. M. N.; Moraes L. F. D. & Luchiari, C. 2008. Fenologia de espécies arbóreas em Floresta Atlântica da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. *Iheringia, Sér. Bot.*, Porto Alegre, v. 63, n. 2, p. 329-339.
- Rodarte, A. T. A. 2008. *Caracterização espacial, temporal e biologia floral das espécies de restinga, com ênfase nos recursos florais*. Tese (Doutorado) UFRJ/Museu Nacional/Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica).
- Singh, K. P. & Kushwaha, C. P. 2005. Emerging paradigms of tree phenology in dry tropics. *Current Science* 89: 964-975.
- StatSoft. 2004. *Statistica, Version 7*. Tulsa, OK: Statsoft, Inc.
- Talora, D.C. & Morellato, L. P. C. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 23:13-26.
- Tannus, J.L.S., Assis, M.A., Morellato, L.P.C. 2006. Fenologia reprodutiva em campo sujo e campo úmido numa área de cerrado no sudeste do Brasil, Itirapina-SP. *Biota Neotropica* 6.
- Weiser, V. L., Godoy, S. A. P. 2001. Florística em um hectare de Cerrado *stricto sensu* na ARIE - Cerrado Pé - De - Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP. *Acta Botanica Brasilica* 15: 201 - 212.
- Wright, S.J. & Van Schaik, C.P. 1994. Light and the phenology of tropical trees. *The American Naturalist* 143(1): 192-199.

### Capítulo III

*Distribuição Qualitativa Anual de Recursos Florais e Frutíferos de espécies arbóreas e arbustivas em formações aberta de Clusia e aberta de Ericaceae no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Carapebus, Rio de Janeiro, Brasil.*

# **Disponibilidade Qualitativa Anual de Recursos Florais e Frutíferos de espécies arbóreas e arbustivas em formações aberta de *Clusia* e aberta de *Ericaceae* no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Carapebus, Rio de Janeiro. Brasil.**

## **Introdução**

Conhecer padrões fenológicos em comunidades vegetais é importante para o entendimento da organização e distribuição espaço-temporal dos recursos disponibilizados para fauna (Rodarte 2008). Os estudos fenológicos podem ter diversos enfoques, tais como abordagens ecológicas que relacionam a interação com polinizadores (Rathcke 1983; Stone *et al.* 1996), dispersores de sementes (Howe & Smallwood 1982; Levey 1988; Kollmann 2000; Burns 2005) ou predadores de sementes (Toy *et al.* 1992; Eriksson 1995).

As flores em geral atraem seus polinizadores através de seus guias visuais e olfativos e o comportamento da visita é reforçado pela presença de recursos florais, que podem ser néctar, pólen, óleo, resinas, tecido alimentar, coletados para consumo ou abrigo e local para acasalar (Endress 1994).

Alguns trabalhos de fenologia abordam a disponibilidade de frutos para animais (French 1992; Peres 1994), em outros, esta avaliação é feita a partir do padrão de frutificação de espécies zoocóricas (Morellato & Leitão Filho 1992; Griz & Machado 2001; Batalha & Martins 2004). Muitas plantas apresentam diásporos com características peculiares, sementes aladas ou frutos carnosos, que aumentam sua capacidade de dispersão por certo grupo de agentes. Van der Pijl (1982) denominou como síndrome de dispersão o conjunto dessas características que atraem e/ou facilitam a ação de determinados mecanismos ou agentes dispersores.

A distribuição espacial de espécies de plantas com frutos zoocóricos geralmente está associada ao tipo de dispersão de suas sementes. Em contrapartida, a

permanência de animais frugívoros em determinados ambientes é dependente da disponibilidade de frutos com síndrome de zoocoria (Innis 1989; Hamrick & Godt 1997; Wright *et al.* 1999).

No ciclo reprodutivo da maioria das plantas a dispersão de sementes é essencial (Herrera *et al.* 1994). Plantas com síndrome de dispersão zoocórica, são muito importantes para garantir a oferta de recursos para a fauna ao longo do ano (Figliolia & Kageyama 1995), principalmente em formações vegetais sob clima sazonal, onde ocorrem períodos de escassez de frutos (Galetti & Pedroni 1994; Develey & Peres 2000). Por outro lado, os frugívoros são importantes agentes para dispersão das sementes dessas espécies. (Figliolia & Kageyama 1995). Através da dispersão ocorre a distribuição das sementes entre habitats diversos, podendo promover sua deposição em sítios particulares, apropriados para a germinação e para o estabelecimento de plântulas em novos ambientes (Howe & Smallwood 1982) influenciando diretamente na estrutura e dinâmica populacional de plantas (Stiles 1992; Gorchov *et al.* 1993; Pizo 1997; Howe & Miriti 2000; Bleher & Bohning-Gaese 2001).

Conhecer como a fauna utiliza os recursos alimentares disponibilizados pela vegetação, provavelmente tem implicações para a conservação de habitat e de gestão, apontando espécies vegetais importantes ou estruturas vegetacionais que podem ser utilizadas em programas de recuperação e restauração de áreas degradadas, através da atração de possíveis dispersores de sementes (Meli 2003), resultando em aceleração da sucessão florestal (McClanahan & Wolfe 1993).

Conhecer o valor nutricional dos frutos em ambientes de restinga é igualmente relevante. Algumas espécies de aves, por exemplo, realizam sua alimentação por preferências a componentes nutricionais como frutos ricos em lipídeos ou proteínas (Gomes *et al.* 2008).

Ambientes de restinga, por serem localizados junto ao litoral, sofrem muitas ameaças por diversos fatores entre eles agricultura, residências ao longo de praias (Lacerda *et al.* 1993), especulação imobiliária, turismo predatório, instalações de portos e na região estudada atividades associadas à indústria do petróleo. Estudos ecológicos são importantes para gerar informações essenciais para medidas de conservação. Segundo Scarano (2002), ambientes marginais da Mata Atlântica como restingas são muitas vezes negligenciados em estratégias de conservação.

Neste capítulo objetivamos indicar períodos de disponibilidade qualitativa de recursos florais e frutíferos ao longo do ano, assim como analisar a composição centesimal de frutos das espécies analisadas. Como objetivo secundário foi realizado um levantamento de dispersores de sementes das espécies em questão.

## Material e Métodos

Os picos de Intensidade de Fournier (IF) das fenofase flores em antese (FA) e frutos maduros (FM) foram utilizados para classificar o período com maior disponibilidade de recursos florais ou frutíferos.

Os recursos florais de cada espécie (néctar, óleo, pólen, resina) foram classificados pelas observações das flores em campo e com auxílio da literatura (Rodarte 2008). As síndromes de dispersão dos frutos foram classificadas segundo Van der Pijl (1982).

Frutos maduros das espécies *Allagoptera arenaria*, *Byrsonima sericea*, *Clusia hilariana*, *Humiria balsamifera*, *Manilkara subsericea*, *Myrcia lundiana*, *Ocotea notata* e *Protium icicariba* foram coletados entre Janeiro de 2012 e Janeiro de 2013 de indivíduos presentes na área amostral. Porém, não houve coleta de frutos em indivíduos selecionados para o acompanhamento fenológico. Os frutos foram selecionados com a intenção de uniformizar quanto ao tamanho e grau de maturação, definido pela intensidade de cor. Posteriormente, os frutos foram higienizados, despolpados manualmente e a polpas homogeneizadas em liquidificador, embaladas e armazenadas em freezer até o início das análises. Apenas os frutos de *Clusia hilariana* foram separados da casca e foi analisado apenas o arilo, nas demais espécies os frutos foram processados com a casca. Os frutos de *A. arenaria* tiveram seu mesocarpo e endocarpo separados para análise (fig. 1).

A análise de composição centesimal dos frutos ocorreu em agosto de 2012 e fevereiro de 2013 no Laboratório Integrado de Química, do Núcleo em Ecologia e Desenvolvimento Socioambiental de Macaé (NUPEM/UFRJ) (fig. 1), realizadas de acordo com os métodos descritos nas normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL 2005) e Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1992).

A determinação de umidade foi feita por dessecação em estufa a 105 °C (método gravimétrico), o teor de lipídios totais determinado pelo método de extração direta com solvente orgânico (éter etílico – método de Soxhlet), as cinzas (resíduo mineral fixo) foram determinadas por calcinação em mufla a 550 °C (método gravimétrico), as proteínas foram determinadas pelo conteúdo de nitrogênio total (%), segundo método microKjeldahl, usando-se o fator 6,25 para a conversão do nitrogênio em proteínas. Os carboidratos foram obtidos pela diferença entre 100 gramas de amostra subtraídos ao somatório de umidade, proteína, lipídios e cinzas, e neste estudo os valores obtidos serão tratados como teor de açúcar. Os constituintes nutricionais “disponíveis” em 100 gramas de frutos foram estimados em sua frequência relativa (USP 2011). A energia total dos frutos analisados à partir dos nutrientes foi expressa em quilocalorias (kcal), estimada a partir dos fatores de conversão de Atwater:  $\text{kcal} = (4 \times \text{g proteína}) + (4 \times \text{g carboidratos}) + (9 \times \text{g lipídios})$  (USP 2011).

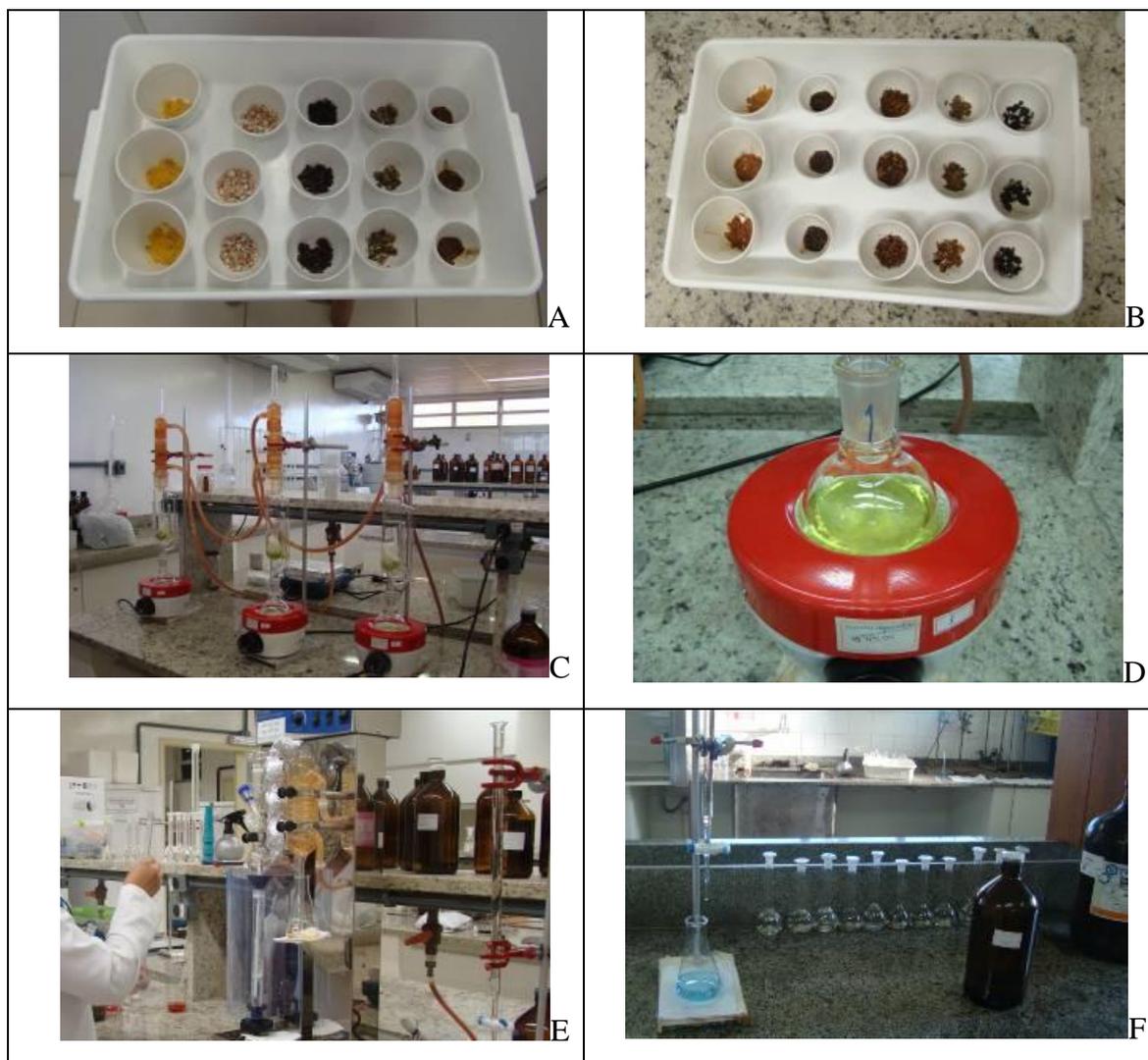


Figura 1. Etapas da análise nutricional de frutos de espécies nativas do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. Laboratório Integrado de Química (NUPEM/UFRJ). A. Polpa fresca e homogeneizada dos frutos após pesagem; B. Polpa desidratada após permanência de 4 horas em estufa; C. Equipamentos para extração de lipídeos, D. Balão volumétrico no processo de extração de lipídeos; E. Equipamento para destilação de nitrogênio; F. Amostras para quantificação de proteínas.

## Resultados e Discussão

Entre os recursos florais, o néctar foi o mais representativo, ocorreu em 45% das espécies estudadas, seguido de pólen com 33%, sendo que óleo e resina/pólen representaram 11% cada (tab. 1; fig. 2)

Os recursos florais ofertados pelas espécies foram distribuídos ao longo do ano, com 56% de ocorrência no período chuvoso com a floração de *M. subsericea*, *B. sericea*, *H. balsamifera* e *P. icicariba* e 44% no período de estiagem através da floração das espécies *C. hilariana*, *O. notata*, *M. lundiana*, *A. revoluta* e *A. arenaria*. Não houve distribuição de pólen no período chuvoso.

No período chuvoso, 89% dos recursos frutíferos foram produzidos, apenas 11% dos recursos frutíferos foram distribuídos no período de estiagem, através da frutificação de *M. lundiana*.

Espécie	Recurso Floral	Tipo de fruto e cor (maduro)	Síndrome de Dispersão
<i>A. revoluta</i>	Néctar	Seco deiscente Cor: marrom	Anemocoria
<i>A. arenaria</i>	Pólen	Baga Cor: amarelado- alaranjado	Zoocoria
<i>B. sericea</i>	Óleo	Drupa carnosa Cor: amarelo- esverdeado	Zoocoria
<i>C. hilariana</i> ♂	Pólen e resina	N/A	N/A
<i>C. hilariana</i> ♀	Resina	Seco deiscente Cor: casca verde claro e arilo avermelhado	Zoocoria
<i>H. balsamifera</i>	Néctar	Baga carnosa Cor: arroxeado	Zoocoria
<i>M. subsericea</i>	Néctar	Baga carnosa Cor: avermelhado escuro	Zoocoria
<i>M. lundiana</i>	Pólen	Baga carnosa Cor: arroxeado	Zoocoria
<i>O. notata</i>	Néctar	Baga carnosa Cor: arroxeado	Zoocoria
<i>P. icicariba</i>	Néctar	Baga Cor: casca avermelhada e arilo branco	Zoocoria

Tabela 1: Recursos florais, caracterização dos diásporos e síndrome de dispersão de espécies nativas no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ.

A análise da composição centesimal por 100 gramas de frutos das espécies neste estudo revelaram espécies com altos valores de lipídeos (tab. 2) *Allagoptera arenaria* (endocarpo), *C. hilariana* e *O. notata* apresentaram respectivamente 28,97 ( $\pm 1,82$ ), 14,35 ( $\pm 2,07$ ) e 13,53 ( $\pm 2,01$ ) gramas de lipídeos. Os frutos de *A. arenaria* (endocarpo) apresentaram o maior valor energético (423,17 kcal) dentre as espécies estudadas, próximo ao encontrado em 100 gramas do *Cocos nucifera* após desidratação (614 kcal) (Bertolino & Rech 2012) e superior ao valor de 406 kcal e 10,4 gramas de carboidratos encontrados em *Cocos nucifera* cru (NEPA, 2011). Já os frutos de *A. arenaria* (pericarpo), *C. hilariana*, *M. subsericea*, *P. icicariba* e *H. balsamifera* apresentaram altos valores de carboidratos, que neste estudo serão tratados como valores de açúcares. A espécie que apresentou o maior valor para proteínas foi *A. arenaria* (pericarpo e endocarpo). Os minerais são aferidos pela pelo teor de cinzas e nesta categoria a espécie *A. arenaria* (pericarpo) teve o maior valor encontrado (tab.2; fig.3).

A metodologia usada em Gomes *et al.*(2008) para verificar a composição centesimal dos frutos de restinga foi diferente da utilizada neste trabalho, porém os valores não foram divergentes. De oito espécies selecionadas para este trabalho, seis foram analisadas por Gomes *et al.* (2008). *Allagoptera arenaria*, *C. hilariana* e *O. notata* apresentaram altos valores de lipídeos nos dois estudos. Os valores de carboidratos para as espécies *B. sericea*, *C. hilariana*, *H. balsamifera*, *O. notata* e *P. icicariba* sempre foram maiores nas análises do presente trabalho em relação ao encontrado em Gomes *et al.* (2008), porém com maiores desvios de média. Entretanto, os valores de lipídeos para as espécies *B. sericea*, *C. hilariana*, *H. balsamifera* foram pouco divergentes entre si e ligeiramente menores em *O. notata*.



Figura 2: Flores com identificação do recurso floral disponibilizado de espécies nativas no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. A-D: Pólen. A-B. *Byrsonima sericea*; C-D. *Myrcia lundiana*. E-G: Néctar. C-D. *Humiria balsamifera*; G. *Manilkara subsericea*. H: Resina e Pólen em *Clusia hilariana*.

Tabela 2: Valor energético total (kcal 100g<sup>-1</sup>) e características físico-químicas (g 100g<sup>-1</sup>) de frutos de espécies nativas no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. <sup>1</sup>Dados apresentados com média ( $\pm$  desvio padrão) de três replicatas/amostras. Amostras analisadas em base úmida. Hífen=não analisado. *Allagoptera arenaria* (Aare); *Byrsonima sericea* (Bser); *Clusia hilariana* (Chil); *Humiria balsamifera* (Hbal); *Manilkara subsericea* (Msub); *Myrcia lundiana* (Mlun); *Ocotea notata* (Onot); *Protium icicariba* (Pici).

<b>Espécie</b>	<b>Valor Energético Total</b>	<b>Lipídeos<sup>1</sup></b>	<b>Proteínas<sup>1</sup></b>	<b>Teor de Carboidratos</b>	<b>Teor de Cinzas<sup>1</sup></b>	<b>Teor de Umidade<sup>1</sup></b>
<i>Aare</i> (endocarpo)	423,17	28,97 ( $\pm$ 1,82)	1,99 ( $\pm$ 0,59)	16,35	0,33 ( $\pm$ 0,13)	78,80 ( $\pm$ 5,35)
<i>Aare</i> (pericarpo)	85,45	1,34 ( $\pm$ 0,02)	2,59 ( $\pm$ 0,32)	38,01	1,52 ( $\pm$ 0,12)	30,09 ( $\pm$ 2,89)
<i>Bser</i>	125,83	6,89 ( $\pm$ 1,20)	1,41 ( $\pm$ 0,23)	14,75	0,73 ( $\pm$ 0,09)	76,43 ( $\pm$ 4,71)
<i>Chil</i>	276,79	14,35 ( $\pm$ 2,07)	1,61 ( $\pm$ 0,56)	35,51	0,73 ( $\pm$ 0,20)	48,00g ( $\pm$ 11,37)
<i>Hbal</i>	107,29	3,59 ( $\pm$ 2,10)	1,50 ( $\pm$ 0,41)	17,25	0,43 ( $\pm$ 0,01)	71,03 ( $\pm$ 1,50)
<i>Msub</i>	138,10	5,30 ( $\pm$ 0,76)	0,98 ( $\pm$ 0,35)	21,62	0,58 ( $\pm$ 0,07)	71,53 ( $\pm$ 9,84)
<i>Mlun</i>	-	-	1,93 ( $\pm$ 0,51)	-	0,79 ( $\pm$ 0,06)	45,60 ( $\pm$ 8,14)
<i>Onot</i>	215,10	13,53	0,70 ( $\pm$ 0,20)	9,60	0,65 ( $\pm$ 0,20)	69,73 ( $\pm$ 6,68)
<i>Pici</i>	115,35	4,11( $\pm$ 1,15)	1,56 ( $\pm$ 0,54)	18,03	0,70 ( $\pm$ 0,01)	78,43( $\pm$ 10,76)

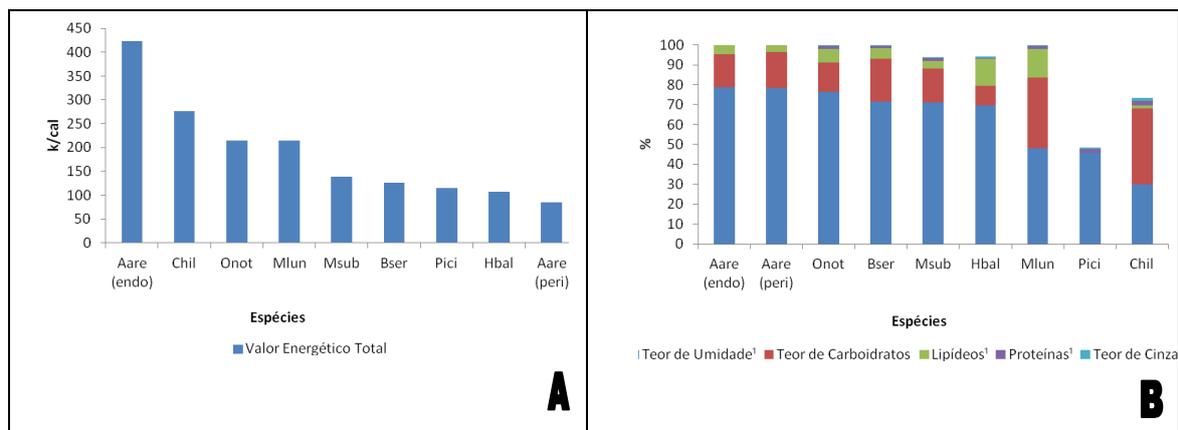


Figura 3: Caracterização energética (A) e nutricional (B) de espécies nativas no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. *Allagoptera arenaria* (Aare); *Byrsonima sericea* (Bser); *Clusia hilariana* (Chil); *Humiria balsamifera* (Hbal); *Manilkara subsericea* (Msub); *Myrcia lundiana* (Mlun); *Ocotea notata* (Onot); *Protium icicariba* (Pici).

De acordo com Pimentel (2002) 67,5 % das espécies vegetais lenhosas da Formação Aberta de *Clusia* são zoocóricas.

Grenha (2010) destaca que *A. arenaria* provavelmente é um importante recurso alimentar para a comunidade de frugívoros no habitat de restinga devido ao seu período prolongado de frutificação e a produção de uma grande quantidade de frutos.

Em condições laboratoriais os frutos de *A. arenaria* foram consumidos pelos roedores *Trinomys eliasae* e *Akodon* sp. e pelos marsupiais *Metachirus nudicaudatus*, *Philander frenata* e *Didelphis aurita* (Leite 1994). Nas restingas do Espírito Santo os mamíferos *Cerdocyon thous* e *Procyon cancrivorus*, também ocorrentes no PNRJ consumiram os frutos de *A. arenaria* (Bergallo *et al.* 2004; Gatti *et al.* 2006). Estudos realizados por Grenha *et al.* (2010) com a espécie *Cerradomys subflavus*, atualmente reconhecida como uma nova espécie para o PNRJ, *Cerradomys goytaca*, indicaram esse roedor como principal predador de sementes dessa palmeira. Estudos anuais de flutuação populacional de *C. goytaca* estão sendo realizados no Sitio 5 do PELD (Lemos, 2012 dados não publicados, e a interação desse estudo com o conhecimento da fenologia de *A. arenaria* poderá esclarecer possíveis relações de interações entre essas espécies.

Neste estudo, os frutos de *A. arenaria* apresentaram alto valor energético e alto teor de lipídeos, logo, o consumo dos frutos por várias espécies de mamíferos indicam a

importância dessa espécie para o ambiente de restinga, além de suas características como espécie facilitadora. Foi verificado que as espécies na formação pós praia são mais sincrônicas que as espécies ocorrentes em outras formações. *Allagoptera arenaria* é uma espécie que merece destaque para ações conservacionistas, visto que no ambiente de restinga a formação pós-praia geralmente é a primeira formação afetada por ações antrópicas.

Estudos indicam ainda que de 15 a 25 % das espécies de aves nesse ambiente podem ser consideradas frugívoras (Sick 1997, Reis & Gonzaga 2000, Alves *et al.* 2004). As aves da restinga são potenciais dispersores de sementes e apresentam seletividade por frutos com alto teor lipídico (Gomes *et al.* 2008).

Nos estudos realizados por Gomes *et al.*(2008) foi concluído que 71,4% de aves observadas eram frugívoras, enquanto o restante das espécies de aves eram insetívoras. Neste estudo as espécies *O. notata* e *C. hilariana* foram consumidas por nove espécies, *H. balsamifera* foi consumida por cinco espécies, entre aves residentes e visitantes. *Protium icicariba* foi consumida por cinco espécies e *B. sericea* apenas por uma espécie.

Em Gomes *et al.* (2008), *Elaenia flavogaster* (Guaracava-de-barriga-amarela) apresentou preferência por *O. notata*, também consumida pelas residentes *Mimus gilvus*, e pela visitante *Turdus amaurochalinus* (Sabiá-poca). A espécie *Mimus gilvus* (Sabiá-da-praia) manteve preferência por *C. hilariana*. Já *Zonotrichia capensis* (Tico-tico) preferiu consumir frutos de *Protium icicariba*, que possuíam maior concentração de açúcares. Estes resultados indicam que espécies vegetais são extremamente importante não apenas como substratos para forrageio das aves, mas também como fonte direta de alimento (Gomes *et al.* 2008)

Em estudo fitossociológico em formações vegetacionais aberta, Araujo *et al.* (2004) verificaram que *O. notata* e *C. hilariana* estavam entre as seis espécies com os maiores valores de importância, e a preferência das aves por essas plantas podem ser reflexo da abundância dessas espécies.

Os frutos da espécie *Manilkara subsericea* apesar de apresentar palatabilidade, sabor fortemente adocicado e altos valores de teor de carboidratos não foram consumidos por nenhuma das aves nas pesquisas realizadas por Gomes *et al.*(2008). Tal fato, pode ser corroborado por este estudo, onde se observou que apesar de abundantes,

muitas vezes os frutos permaneciam nos arbustos até ficarem senescentes com coloração enegrecida (obs. pessoal).

## **Conclusão**

A caracterização da composição centesimal dos frutos de restinga não foi suficiente para classificá-los quanto ao valor nutricional. São escassos os estudos acerca das características de frutos nativos deste ambiente, sendo necessárias mais pesquisas que determinem a composição em macronutrientes, vitaminas e minerais, e a biodisponibilidade destes

As espécies *A. arenaria*, *C. hilariana*, *O. notata* e *P. icicariba* demonstram ser espécies com alto potencial de uso em projetos de recuperação e restauração em ambientes de restinga. Porém são necessários mais estudos para verificar o ponto de maturação e época de colheita dos frutos, beneficiamento e tratamento pré-germinativo destas sementes, exigências de substrato, umidade, temperatura e luminosidade para tornar a germinação eficiente (Zamith 2004).

Tal fato revela que abordagens desta natureza podem assumir um forte caráter interdisciplinar, associando recursos da flora nativa, dinâmica de ecossistemas.

## Conclusões Gerais

Podemos concluir que comportamento fenológico de espécies no PNRJ esta relacionado ao comprimento do dia, possibilitando classificar as espécies em função de dias longos e dias curtos. Concluímos também que, em relação a variáveis climáticas, a temperatura revelou-se como a principal variável correlacionada a eventos de floração e frutificação das espécies estudadas. Entre as variáveis climáticas, a pluviosidade mostrou-se a menor correlação com a ocorrência de fenofases. Podemos explicar que novas variáveis climáticas podem ser incorporadas a estudos fenológicos, visto que neste estudo a pressão atmosférica foi uma variável que apresentou correlação altamente significativa com as fenofases. A maioria das espécies apresentou sazonalidade em seus eventos de floração e frutificação, mesmo em ambiente com pouca sazonalidade climática como a restinga do PNRJ.

Os recursos florais e frutíferos pelas espécies investigadas foram distribuídos ao longo do ano, quando relacionados a outros estudos indicaram a importância dos recursos frutíferos para fauna (mamíferos, aves) indicando espécies vegetais com alto potencial de uso em programas de recuperação e restauração de ambientes de restinga.

Estudos de curto a médio prazo não são eficientes para determinar padrões, porém este estudo, podemos verificar importantes aspectos em relação a fenologia de espécies de restinga, das quais ainda se tem pouco conhecimento. O presente trabalho contribui para o conhecimento da fenologia da restinga do PNRJ, pois apresenta dados iniciais para a ocorrência de fenofases nesse complexo ecossistema que possui muitas interações entre as variáveis abióticas, assim como muitos filtros ambientais para o ciclo de vida de muitas espécies.

Por esta inserido em um Programa Ecologico de Londa Duração (PELD) com previsão mínima de nove anos de duração, a partir dessas informações básicas juntamente a registro de dados por mais alguns anos permitirão elucidar possíveis padrões apresentados pelas espécies em relação a fenologia, será possível também inferir sobre como as mudanças climáticas podem influenciar eventos do ciclo de vida das plantas.

Finalmente podemos verificar que a fenologia por si é uma ciência interdisciplinar, e através de abordagens como a do presente estudo é possível entender, mesmo de forma preliminar, as interações animal-planta e planta-clima, presentes no ecossistema de restinga, reafirmando a importância da preservação deste ecossistema que detêm características peculiares.

## Referências Bibliográficas

- Alves, M. A. S.; Storni, A.; Almeida, E. M.; Gomes, V. S. M.; Oliveira, C. H. P.; Marques, R. V. & Vecchi, M. B. 2004. A comunidade de aves na Restinga de Jurubatiba, Pp 199-214 In: *Pesquisas ecológicas de longa duração na Restinga de Jurubatiba: Ecologia, História Natural e Conservação* (Rocha, C. F. D.; Esteves, F. A. & Scarano, F. R. eds.) RiMa, São Carlos.
- Araujo, D. S. D.; Pereira, M. C. A.; Pimentel, M. C. P. 2004. Flora e estrutura de comunidades na Restinga de Jurubatiba - síntese dos conhecimentos com enfoque especial para a formação aberta de *Clusia*. In: Rocha, C. F. D.; Esteves, F. A.; Scarano, F. R. (Orgs.). *Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação*. São Carlos: RIMA. p.59-76.
- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). 2002. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry* (17 ed.). Washington: AOAC.
- Batalha, M. A. & Martins, M. R. 2004. Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park (central Brazil). *Australian Journal of Botany* 2: 149-161.
- Bergallo H. G.; Martins-Hatano, F.; Raíces, D. S.; Ribeiro, T. T. L.; Alvez, A. G.; Luz, J. L.; Mangolin R., & Mello, M. 2004. Os mamíferos da Restinga de Jurubatiba. Pp. 215-230, in: Rocha, C. F. D; Scarano, F. R. & Esteves, F. A. Eds. *Pesquisas de Longa Duração na Restinga de Jurubatiba: Ecologia, História Natural e Conservação*. RiMa Editora, São Paulo.
- Bertolino, M. T.; Rech, H. 2012. Avaliação da shelf-life do coco ralado (*Cocos nucifera* L) desidratado através de análise sensorial e correlação com o teor de sulfito residual. *Especialize, Revista online, Ipog. Ducoco*. Linhares. (<http://www.ipog.edu.br/uploads/arquivos/e5ca8bdd347875535edb43b8af0c3ab3.pdf>).
- Bleher, B. & Bohning-Gaese, K. 2001. Consequences of frugivore diversity for seed dispersal, seedling establishment and the spatial pattern of seedlings and trees. *Oecologia* 129(3):385-394.
- BRASIL. Ministério da Saúde. 2005. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). *Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos*. Brasília: Ministério da Saúde. 1018 p.
- Burns, K.C. 2005. Is there limiting similarity in the phenology of fleshy fruits? *Journal of Vegetation Science* 16: 617-624.
- Develey, P. F. & Peres, C. A. 2000. Resource seasonality and the structure of mixed species bird flocks in a coastal Atlantic forest of southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 16: 33-53.
- Endress, P. K. 1994. *Diversity and evolutionary biology of tropical flowers*. Cambridge University Press. 511p.
- Eriksson, O. 1995. Asynchronous flowering reduces seed predation in the perennial forest herb *Actaea spicata*. *Acta Oecologica* 16: 195-203.
- Figliolia, M. B. & Kageyama, P. Y. 1995. Dispersão de sementes de *Inga uruguensis* Hook. Et Arn. em floresta ripária do rio Mogi Guaçu, município de Mogi Guaçu SP. *Revista do Instituto Florestal* 7: 65-80.

- French, K. 1992. Phenology of fleshy fruits in a wet sclerophyle forest in southe astern Australia: are birds an important influence? *Oecologia* 90: 366-373.
- Galetti, M. & Pedroni, F. 1994. Seasonal diet of capuchin monkeys (*Cebus apella*) in a semideciduous Forest in south-east Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 10: 27-39.
- Gatti, A.; Bianchi, R. Rosa, C. R. X.; Mendes, S. L. 2006. Diet of two sympatric carnivores, *Cerdocyon thous* and *Procyon cancrivorus*, in a restinga area of Espirito Santo State, Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 22: 227–230.
- Gomes, V. S. M.; Loiselle, B. A.; Alves, M. A. S. 2008. Birds foraging for fruits and insects in shrubby restinga vegetation, southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 8(4).
- Gomes, V. S. D. M.; Buckeridge, M. S.; Silva, C. O.; Scarano, F. R., Araujo, D. S. D.; Alves, M. A. S. 2010. Availability peak of caloric fruits coincides with energy-demanding seasons for resident and non-breeding birds in restinga, an ecosystem related to the Atlantic forest, Brazil, *Flora* 205(10): 647–655.
- Gomes, V. S. M. 2006. *Variação espacial e dieta de aves terrestres na Restinga de Jurubatiba*. PhD Thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Gorchov, D. L.; Cornejo, F.; Ascorra, C. & Jaramillo, M. 1993. The role of seed dispersal in the natural regeneration of rain Forest after strip-cutting in the Peruvian Amazon. *Vegetatio* 107/108: 339-349.
- Grenha, V.; Macedo, M. V.; Pires, A. S., Monteiro, R. F. 2010. The role of *Cerradomys subflavus* (rodentia, cricetidae) as seed predator and disperser of the palm *Allagoptera arenaria*. *Mastozoología Neotropical* [en línea]17 (Enero-Junio): [fecha de consulta: 10 de abril de 2013] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45713277007>> ISSN 0327-9383
- Griz, L. M. S & Machado, I. C. 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 17: 303-321.
- Hamrick, J. L. & Godt, J. W. 1997. Effects of life history traits on genetic diversity in plant species. In: Silvertown, J., Franco, M. & Harper, J.L. (eds.) *Plant life histories. Ecology, phylogeny and evolution*, pp. 102-118. Cambridge University Press, Cambridge.
- Herrera, C. M.; Jordano, P.; López-Soria, L. & Amat, J.A. 1994. Recruitment of a mast-fruiting, bird dispersed tree: bridging frugivore activity and seedling establishment. *Ecological Monographs* 64: 315-344.
- Howe, H. F & Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13: 201-228.
- Howe, H. F. & Miriti, M. N. 2000. No question: seed dispersal matters. *Trends in Ecology and Evolution* 15(11):434-436.
- Innis, G. J. 1989. Feeding ecology of fruit pigeons in subtropical rainforests of south eastern Queensland. *Australian Journal of Wildlife Research* 16: 365-394.
- Kollmann, J. 2000. Dispersal of fleshy-fruited species: a matter of spatial scale? *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 3: 29-51.
- Lacerda, L. D.; Araujo, D. S. D & Maciel, N. C. 1993. Dry coastal ecosystems of the tropical Brazilian coast. Pp. 477-493. In: E. Van der Maarel (ed.) *Ecosystems of the World 2B: Dry Coastal Ecosystems Africa, America, Asia and Oceania*. Elsevier, Amsterdam.
- Leite, Y. L. R; Stallings, J. R.; Costa, L. P. 1994. Participação de recursos entre espécies simpátricas de marsupiais da reserva biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 45, p. 525-536.

- Levey, D. J. 1988. Spatial and temporal variation in Costa Rican fruit and fruit-eating birds abundance. *Ecological Monographs* 58: 251-269.
- McClanahan, T. R. & Wolfe, R. W. 1993. Accelerating forest succession in a fragmented landscape: the role of birds and perches. *Conservation Biology*. 7(2):279-288
- Meli, P. 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. *Interciência* 28(10):581-589.
- Morellato, L. P. C. & Leitão-Filho, H. F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In Morellato, L. P. C. (org). *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil* (.). Editora da Unicamp/Fapesp, Campinas, p. 112-140.
- Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação (NEPA). 2011. *Tabela brasileira de composição de alimentos*. 4. ed. rev. e ampl.. -Campinas: NEPA- UNICAMP. 161 p.
- Peres, C. A. 1994. Composition, density and fruiting phenology of arborescent palms in Amazonian terra firme forest. *Biotropica* 26: 285-294.
- Pimentel, M. 2002. *Variação espacial na estrutura de comunidades vegetais da formação aberta de Clusia no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 82pp.
- Pizo, M. A. 1997. Seed dispersal and predation in two population of *Cabralea canjerana* (Meliaceae) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 13:559-578.
- Rathcke, B. 1983. Competition and facilitation among plants for pollination. In: Real, L. (ed.). *Pollination biology*. Academic Press, Orlando, Florida, USA. p.305-329.
- Reis, H. B. R. & Gonzaga, L. P. 2000. Análise da distribuição geográfica das aves das restingas do Estado do Rio de Janeiro. In: Esteves, F. A. & Lacerda, L. D.(eds.) *Ecologia de restingas e lagoas costeiras*. NUPEM\UFRJ, Rio de Janeiro. Pp 165-178.
- Rodarte, A. T. A. 2008. *Caracterização espacial, temporal e biologia floral das espécies de restinga, com ênfase nos recursos florais*. Tese (Doutorado) UFRJ/Museu Nacional/Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica).
- Scarano, F. R. 2002. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic Forest. *Annals of Botany* 90(4):517-524.
- Sick, H. 1997. *Ornitologia Brasileira*. Rio de Janeiro, Editora Nova Fronteira.
- Stiles, E. W. 1992. Animals as seed dispersers. In: Fenner, M (ed.). *The ecology of regeneration in plant communities* CAB International, Wallingford. Pp 87-104 .
- Stone, G.; Willmer, P. & Nee, S. 1996. Daily partitioning of pollinators in an African Acacia community. *Proceedings of the Royal Society of London* 263: 1389-1393.
- Toy, R. J.; Marshall, A. G. & Pong, T. Y. 1992. Fruiting phenology and the survival of insect fruit predators: a case study from the South-east Asian Dipterocarpaceae. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 335: 417-423.
- USP. 2011. Universidade de São Paulo. *Tabela de composição de alimentos*: projeto integrado de composição de alimentos. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tabela/>>. Acesso em: 06 abr 2012.
- Van Der Pijl, L. 1982. *Principles of dispersal in higher plants*. 3ªed. Springer-Verlag, Berlin.

- Wheelwright, N. T. & Orians, G. 1982. Seed dispersal by animals contrasts with pollen dispersal, problems of terminology, and constraints on evolution. *American Naturalist* 119: 402-413.
- Wright, S. J.; Carrasco, C.; Calderón, O. & Paton, S. 1999. The El Niño Southern Oscillation, variable fruit production, and famine in a tropical forest. *Ecology* 80: 1632-1647.
- Zamith, L. R.; Scarano, F. R. 2004. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 18:161-176.