

Marcia Patricia Hoeltgebaum



**CARACTERIZAÇÃO DA AUTOECOLOGIA DE POPULAÇÕES
DE *Varronia curassavica* Jacq. (BORAGINACEAE) EM
AMBIENTE DE RESTINGA DE SANTA CATARINA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Departamento de Fitotecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do Título de Doutora em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Sedrez dos Reis

**Florianópolis, SC
2017**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Hoeltgebaum, Marcia Patricia

Caracterização da autoecologia de populações de *Varronia*
curassavica Jacq. (Boraginaceae) em ambiente de restinga
de Santa Catarina / Marcia Patricia Hoeltgebaum ;
orientador, Maurício Sedrez dos Reis - Florianópolis, SC,
2017.

218 p.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós
Graduação em Recursos Genéticos Vegetais.

Inclui referências

1. Recursos Genéticos Vegetais. 2. biologia
reprodutiva. 3. conservação in situ. 4. demografia. 5.
diversidade e estrutura genética. I. Reis, Maurício Sedrez
dos. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa
de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. III. Título.

**Caracterização da autoecologia de populações
de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae)
em ambiente de restinga de Santa Catarina**

por

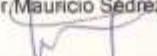
Marcia Patricia Hoeltgebaum

Tese julgada e aprovada em 06/02/2017, em sua forma final, pelo Orientador e membros da Banca Examinadora, para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de Concentração Recursos Genéticos Vegetais, no Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, CCA/UFSC.

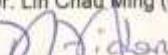
Banca Examinadora:



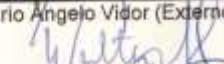
Prof. Dr. Mauricio Sedrez dos Reis (Presidente - CCA/UFSC)



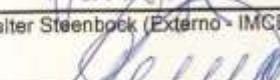
Prof. Dr. Lin Chau Ming (Externo - UNESP/Botucatu)



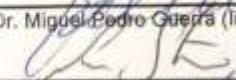
Dr. Mario Angelo Vidor (Externo - EPAGRI/SC)



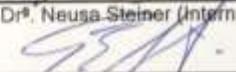
Dr. Walter Steenbock (Externo - IMCBio/SC)



Prof. Dr. Miguel Pedro Guerra (Interno-CCA/UFSC)



Prof. Dr. Neusa Steiner (Interno - CCB/UFSC)



Prof. Dr. Paulo Emilio Lovato (Coordenador do Programa)

Florianópolis, fevereiro de 2017



*Para aqueles que me ensinaram a
amar a vida e ver nela um sentido
maior que o infinito. À minha família,*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Tantas foram as mãos que contribuíram para realização deste trabalho. Tantas foram as pessoas que se fizeram presentes tornando meus dias melhores e mais leves nesta trajetória! A todos minha gratidão! Especialmene gostaria de agradecer:

A minha tão amada e especial família. Aos meus pais Maria Helarita e Ingo, e a minha “ermã” Michelle pela presença constante, carinho e apoio incondicional em todos os momentos. Ao meu marido e companheiro Marcelo, pelo seu amor e cuidado, força e equilíbrio.

Ao meu orientador Prof. Dr. Maurício Sedrez dos Reis pelas horas investidas na minha formação, pelos incentivos, ensinamentos de vida, e, sobretudo amizade! Por me fazer perceber que começar tudo de novo e mais outra vez pode ser ainda mais enriquecedor que se assim não o fosse.

Aos membros da banca examinadora Dr. Walter Steenbock, Prof. Dr. Miguel Pedro Guerra, Prof. Dr. Afonso Inácio Orth, Profa. Tânia Tarabini Castellani, Dr. Mário Vidor, Profa. Dra. Neusa Steiner e Prof. Dr. Lin Chau Ming pelas importantes contribuições que agregaram a este trabalho.

Ao Prof. César Assis Butignol (UFSC) pelo auxílio na identificação dos insetos, ao Dr. André Victor Lucci Freitas (UNICAMP) pelo auxílio na identificação de lepidópteros, ao Dr. Vitor Queiroz (USP) e ao Carlos Zimmermann (FURB) pelo auxílio na identificação de aves. A Dra. Camila Zanella, imensamente atenciosa, pela orientação com os programas e inputs das análises genéticas.

Ao Programa de Pós Graduação em Recursos Genéticos da UFSC, professores, funcionários (especialmente à Bernadete Ribas) e aos amigos de turma Tassiane, Lilian, Rosenilda, Daniela, Daniel, Rafael, Inês, Vanessa, Fabiana, Kely, pelo convívio e trocas.

Aos amigos do Núcleo de Pesquisas em Florestas Tropicais (NPFT), pela partilha, amizade, parceira e imensurável ajuda em cada uma das etapas desta caminhada. Foram tantos os campos, análises, discussões e reflexões sobre os “coisaploides”! Obrigada infinitamente Andréa Gabriela Mattos, Alison Paulo Bernardi, Caroline Cristofolini, Glauco Schüssler, Juliano Zago, Miguel Busarello Lauterjung, Newton Costa, Rafael Cândido Ribeiro, Samantha Filippon, Tiago Montagna, Victor Hugo Buzzi, Willian Vieira. Ao Alex Zechini, pela luz nas estatísticas circulares. Cada um de vocês, com suas singularidades foram especialmente importantes para mim.

Ao Laboratório de Fisiologia do Desenvolvimento e Genética Vegetal (LFDGV) pelo suporte oferecido. Aos amigos do laboratório, não só pelo convívio e amizade, mas, sobretudo, pelo tempo disponibilizado e por me ensinarem tanto! Especialmente ao Gustavo, Juan, Denise, Vinícius, Daniel, Ramon, Lido, Fernando, Luciano, Lilian, Márcia Denise, Daniela, Josiane.

As minhas amigas Ana Paula Lando e Diana Marcela Morales Londoño pelo companheirismo e amizade, por enfrentarem a restinga sob o sol escaldante, chuvas e trovões, nos feriados e nas madrugadas. Eu adorava ouvi-las dizer “eu quero ir junto”! Pelas muitas risadas e partilhas de vida, por tudo que me ensinaram sobre amizade verdadeira.

Ao José Bran por participar as coletas de final de semana e às graduandas Raphaela Woodroffe e Eduarda Rampinelli, pelas tantas ajudas em campo e no laboratório.

Aos amigos Cristina Freygang, Arnaldo Ferreira, Fernando Rocha que, mesmo de longe, acompanharam essa caminhada e em tantos momentos deram boas sugestões ao trabalho.

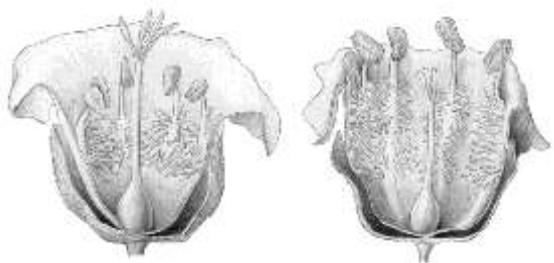
Aos amigos da FAPESC, minha casa por tantos anos! Não posso nomear todos, pois são muitos! Como uma família, sempre na torcida para que tudo desse certo, me acompanharam, apoiaram e incentivaram. Agradeço especialmente ao Prof. Diomário Queiroz, Prof. Sergio Luiz Gargioni, Prof. César Zucco e ao Dr. Mário Vidor.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio e a Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis - FLORAM, por autorizar a realização da pesquisa, coleta e transporte de material botânico.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI por ceder os dados climatológicos e a COMCAP por fornecer suporte e segurança local.

A Aché Laboratórios Farmacêuticos e Biosintética pelo atendimento e por ceder informações de mercado.

Pelo apoio financeiro, agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudo e a Fundação de Amparo a Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina pelo fomento à pesquisa (recursos PRONEX, Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina).



“Fazemos parte de algo maior, onde tudo é importante até a menor forma de vida. Nós somos o planeta vivo, Sofia! Somos um grande barco que navega à volta de um sol ardente no universo. Mas cada um de nós também é um barco em si mesmo, que atravessa a vida carregando genes. Quando levarmos a carga até ao porto seguinte, não teremos vivido em vão”.

(Jostein Gaarder, 1991)

RESUMO

A erva-baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.) é uma espécie subarbustiva de relevante importância medicinal, comumente encontrada nas restingas do litoral brasileiro, cujas áreas vêm sofrendo um processo histórico de pressão antrópica resultando em degradação e redução expressiva de suas áreas. Este trabalho teve como objetivo caracterizar a autoecologia de populações de *V. curassavica* em áreas de restinga, visando conhecer aspectos da sua dinâmica populacional, fenologia, biologia reprodutiva e da organização da diversidade genética, e assim contribuir com informações para fundamentar estratégias de conservação e uso sustentável para a espécie. Para tanto foram caracterizadas a estrutura e a dinâmica populacional ao longo de três anos, e avaliados o padrão de distribuição espacial e de genótipos da espécie e como estes estão relacionados com a restinga. A fenologia vegetativa e reprodutiva, e herbivoria foliar foram acompanhadas por dois anos, e verificada a existência de correlação dos eventos fenológicos com variáveis climáticas. Além disso, foram analisados aspectos da biologia floral e reprodutiva, estimada a taxa de cruzamento e caracterizada a diversidade e estrutura genética intra e interpopulacional de quatro populações da espécie empregando marcadores microsatélites. A população avaliada demonstrou taxa de incremento positiva, equilíbrio regenerativo e baixa mortalidade de plântulas. A espécie apresenta padrão agregado de dispersão e responde com diferenças demográficas e genéticas a heterogeneidade ambiental. Zonas de baixada seca são as áreas de ocorrência preferencial, com maior número de ingresso, alelos raros e exclusivos. Os índices de fixação foram distintos entre ambientes dentro da população estudada, evidenciando uma tendência a cruzamentos locais preferências. Não foi registrada estrutura genética espacial para a população avaliada. *Varronia curassavica* apresentou produção contínua de folhas ao longo de todo ano, com abscisão foliar pouco sincrônica e em baixa intensidade. A floração e frutificação continuada demonstram que o clima parece ser pouco restritivo para a fenologia reprodutiva da espécie, contudo, picos distintos de intensidade foram registrados em períodos com aumento de temperatura e fotoperíodo. Frutos maduros foram amostrados em baixa intensidade, o que pode refletir um elevado número de abortos. A herbivoria não influenciou nas fenofases. A antese é diurna e a duração das flores é inferior a um dia. O elevado número de aborto de flores e frutos pode estar relacionado aos mecanismos de autoincompatibilidade (heterostilia e protoginia) registrados para a

espécie. Os visitantes florais foram diversos, caracterizando uma síndrome de polinização generalista. Díptera, Hymenoptera e Lepidoptera foram as ordens de visitantes com maior riqueza de espécies e maior frequência. Os frutos foram dispersos predominantemente por pássaros e por formigas. Os estudos de genética demonstraram que a espécie é autotetraplóide, tipicamente alógama ($t_m = 0,98$), com alta variabilidade genética ($\hat{H}_E = 0,713$), divergência interpopulacional baixa ($G_{ST} = 0,048$), e índices de fixação não significativos, evidenciando ausência ou efeitos reduzidos de endogamia e deriva genética nas situações estudadas. O fluxo gênico foi elevado ($N_m = 4,87$) e contribuiu para amenizar os efeitos de estruturação entre as populações. Todas as áreas avaliadas apresentaram potencial de conservação em longo prazo das populações de *V. curassavica*. Contudo, a crescente pressão antrópica em torno destas tem reduzido consideravelmente as restingas do Estado. Um maior rigor na proteção legal faz-se necessário para viabilizar a manutenção da biodiversidade existente. A integração dos estudos sobre os diferentes aspectos da autoecologia de *V. curassavica* permitiu compreender de maneira mais abrangente os processos aos quais as populações estão submetidas em seus ambientes de ocorrência e também identificar questões pertinentes à conservação da espécie e de sua importância dentro do contexto da restinga.

Palavras-chave: biologia reprodutiva, conservação *in situ*, demografia, diversidade e estrutura genética, fenologia, Mata Atlântica, planta medicinal.

ABSTRACT

The “erva-baleeira” (*Varronia curassavica* Jacq.) is a shrubby species of medical relevance, commonly found in the restingas of the Brazilian coast, whose areas have undergone a historical process of anthropic pressure resulting in degradation and expressive reduction of their areas. This work aimed to characterize the autoecology of *V. curassavica* populations in restinga areas, aiming to know aspects of their population dynamics, phenology, reproductive biology and the organization of genetic diversity, and thus to contribute with information to support conservation and use strategies for the species. For this purpose, the population structure and dynamics were characterized over three years, and the spatial distribution pattern and genotypes of the species were evaluated, and how they are related to the restinga. The vegetative and reproductive phenology, and foliar herbivory were evaluated for two years, and the existence of a correlation of phenological events with climatic variables was verified. Furthermore, aspects of floral and reproductive biology were analyzed, the crossing rate was estimated and the intra and interpopulational diversity and genetic structure of four populations of the species was estimated, using microsatellite markers. The evaluated population has a positive increase rate, regenerative equilibrium and low seedling mortality. The species presents an aggregate spatial pattern and responds with demographic and genetic differences to environmental heterogeneity. Dry lowland zones are the areas of preferential occurrence, with more regeneration, rare and private alleles. The indices of fixation were distinct between the environments within the population studied, evidencing a tendency to local preferential crossings. No spatial genetic structure was found for the population evaluated. *Varronia curassavica* presented continuous leaf production throughout the year, with low leaf fall synchronization and intensity. The continuous flowering and fruiting demonstrate that the climate is not restrictive for the reproductive phenology of the species, however, distinct peaks of intensity were recorded in periods with increased temperature and photoperiod. Ripe fruits were sampled with low intensity, which may reflect a high number of abortions. Herbivory did not influence the phenophases. Anthesis is diurnal, and flowers last less than a day. The high number of flower and fruit abortions might be related to the mechanisms of self-incompatibility (heterostyly and protogyny) registered to the species. The high diversity of floral visitors indicates a generalist pollination syndrome. Diptera, Hymenoptera and Lepidoptera were the orders of visitors with greater

richness of species and higher frequency. The fruits were predominantly dispersed by birds and ants. The genetic part of this study showed that the species is autotetraploid, typically outcrossing ($t_m = 0,98$), with high genetic variability ($\widehat{H}_E = 0.713$), low interpopulation divergence ($G_{ST} = 0.048$), and no significant fixation indices, indicating reduced or the absence of inbreeding and genetic drift in the study area. Gene flow was high ($Nm = 4.87$) and contributes to mitigate the effects of structure among populations. All the studied areas have the potential to ensure conservation of the species in the long term. However, increasing anthropogenic pressure around them has reduced the restingas of the State considerably. A greater rigor in legal protection is necessary to enable the maintenance of existing biodiversity. The integration of the studies on the different aspects of the autoecology of *V. curassavica* allowed to understand, in a more comprehensive way, the processes to which the populations are submitted in their environments of occurrence, also to identify questions pertinent to the conservation of the species and its importance within the restinga context.

Keywords: reproductive biology, *in situ* conservation, demography, genetic diversity, phenology, Atlantic Forest, medicinal plant.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: A) <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (Boraginaceae); B) Floração da espécie; C) Detalhe da inflorescência; D) Frutos em formação e frutos maduros. Fotos: Marcia Patricia Hoeltgebaum. | 38 |
| Figura 2: Mapa geográfico com a localização das áreas de estudo sobre a autoecologia de populações de <i>Varronia curassavica</i> Jacq.. Distâncias entre as áreas: Joaquina - Campeche: 6 km; Joaquina - Palhoça: 27 km; Joaquina - Laguna: 95 km; Campeche - Palhoça: 18 km; Campeche - Laguna: 81 km; Palhoça - Laguna: 65 km. | 47 |
| Figura 3: Aspecto geral da vegetação e relevo das áreas. A) Restinga da Joaquina; B) Restinga do Campeche; C) Restinga da Palhoça; D) Restinga da Laguna. | 48 |
| Figura 4: Área amostral utilizada para o levantamento dos dados demográficos de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (Boraginaceae), restinga da Joaquina - Florianópolis/SC. | 53 |
| Figura 5: No detalhe, eixo comum de onde parte a maioria da ramificação caulinar de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (Boraginaceae), considerado para a definição de indivíduo. | 54 |
| Figura 6: Caracterização dos ambientes presentes na unidade amostral instalada na restinga da Joaquina para avaliação demográfica e espacial de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. A) Duna móvel; B) duna semifixa; C) duna fixa; D) baixada seca; E) baixada úmida; F) baixada alagada. | 55 |
| Figura 7: Dinâmica populacional de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. entre os anos de 2014 e 2016, em unidade amostral de dois hectares de restinga na Joaquina - Florianópolis/SC. | 60 |
| Figura 8: Distribuição dos indivíduos de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. em intervalos de altura, resultado das avaliações de 2014 a 2016, restinga da Joaquina - Florianópolis/SC. | 61 |
| Figura 9: Diferença de crescimento em altura (m) dos indivíduos amostrados de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. nos anos de 2014 e 2016, restinga da Joaquina - Florianópolis/SC. | 61 |
| Figura 10: Distribuição dos indivíduos de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. em intervalos de diâmetro à altura do solo (30 indivíduos), resultado das avaliações de 2014 a 2016, restinga da Joaquina - Florianópolis/SC. | 62 |
| Figura 11: Diferença de crescimento em diâmetro à altura do solo (cm) dos indivíduos amostrados de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. nos anos de 2014 a 2016, restinga da Joaquina - Florianópolis/SC. | 63 |
| Figura 12: Dispersão de indivíduos de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. considerando seus diâmetros e altura, da população avaliada em parcela permanente na restinga da Joaquina - Florianópolis/SC. | 63 |
| Figura 13: Distribuição espacial dos indivíduos de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. entre os anos de 2014 e 2016 (indivíduos em fase vegetativa representados em preto, e em fase reprodutiva representados em cinza), amostrados na restinga da | |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Joaquina, Florianópolis/SC (à esquerda) e análise do padrão espacial pela função K de Ripley (à direita). Intervalo de confiança representado pelas linhas pontilhadas..... | 65 |
| Figura 14: Distribuição espacial dos indivíduos ingressantes, mortos e não encontrados de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. amostrados entre 2014 a 2016 na restinga da Joaquina, Florianópolis/SC (acima) e análise do padrão espacial pela função K de Ripley (abaixo). Intervalo de confiança representado pelas linhas pontilhadas..... | 66 |
| Figura 15: Mapa topográfico da parcela avaliada de 2 ha (100 m x 200 m) na área de estudo e distribuição espacial dos indivíduos amostrados de <i>Varronia curassavica</i> Jacq., na restinga da Joaquina, Florianópolis/SC. Onde: x varia entre 0 e 100 m e é o eixo mais próximo ao mar; y varia entre 0 e 200 m e; z representa a variação na elevação do terreno e varia de 0 a 14 m, considerados a partir de um plano arbitrário de referência. | 67 |
| Figura 16: Frequência de indivíduos de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. entre os anos de 2014 e 2016 nos diferentes ambientes da restinga da Joaquina/SC. BA = baixada alagada; BU = baixada úmida; BS = baixada seca; ZTB = zona de transição de baixada; DM = duna móvel; DS = duna semifixa; DF = duna fixa; ZTD = zona de transição de duna. | 68 |
| Figura 17: Frequência de indivíduos ingressantes de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. nos diferentes ambientes da restinga da Joaquina/SC. BA = baixada alagada; BU = baixada úmida; BS = baixada seca; ZTB = zona de transição de baixada; DM = duna móvel; DS = duna semifixa; DF = duna fixa; ZTD = zona de transição de duna. | 69 |
| Figura 18: Frequência de indivíduos mortos de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. nos diferentes ambientes da restinga da Joaquina/SC. BA = baixada alagada; BU = baixada úmida; BS = baixada seca; ZTB = zona de transição de baixada; DM = duna móvel; DS = duna semifixa; DF = duna fixa; ZTD = zona de transição de duna. | 69 |
| Figura 19: A. Estrutura genética espacial (EGE) dos indivíduos de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. na Joaquina/SC. A linha contínua representa a estimativa do coeficiente de coancestria médio, e as linhas pontilhadas representam a estimativa do intervalo de confiança a 95% de probabilidade da hipótese de ausência de estrutura genética. ($H_0: \theta_{xy} = 0$). B. EGE dos indivíduos de baixada seca; C. EGE dos indivíduos de Zona de Transição de Baixada; D. EGE dos indivíduos de Duna semifixa; E. EGE dos indivíduos de Zona Transição Duna. | 76 |
| Figura 20: Representação esquemática da restinga com a síntese das principais diferenças encontradas na dinâmica demográfica e genética de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. na população da Joaquina/SC – Brasil. Prefer. = preferencial; ZTB = Zona de transição de baixada; ZTD = Zona de transição de duna | 77 |
| Figura 21: Variação do fotoperíodo teórico da Ilha de Santa Catarina, no período de 2014-2015..... | 90 |
| Figura 22: Variação da precipitação e temperatura da Ilha de Santa Catarina, no período de janeiro de 2014 a janeiro de 2016. | 90 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 23: Fenofases avaliadas de <i>Varronia curassavica</i> Jacq., em ambiente de restinga, Florianópolis/SC. A) emissão foliar e folhas maduras (totalmente expandida); B) botão floral e flores abertas; C) frutos verdes e maduros. Fotos da autora. | 91 |
| Figura 24: Histogramas circulares de frequência relativa mensal de <i>Varronia curassavica</i> Jacq., referente as fenofases vegetativas e herbivoria foliar nas restingas do Campeche e Joaquina para os anos de 2014 e 2015. A-E) Emissão foliar Campeche (2014 A - 2015 E); B-F) Folhas maduras Campeche; I-M) Emissão foliar Joaquina; J-N) Folhas maduras Joaquina; C-G) Herbivoria folha jovem Campeche; D-H) Herbivoria folha madura Campeche; K-O) Herbivoria folha jovem Joaquina; L-P) Herbivoria folha madura Joaquina. | 95 |
| Figura 25: Histogramas circulares de frequência relativa mensal de <i>Varronia curassavica</i> Jacq., referente as fenofases reprodutivas nas restingas do Campeche e Joaquina entre os anos de 2014 e 2015. A-E) Botão floral Campeche; B-F) Antese Campeche; C-G) Fruto verde Campeche; D-H) Fruto maduro Campeche; I-M) Botão floral Joaquina; J-N) Antese Joaquina; K-O) Fruto verde Joaquina; L-P) Fruto maduro Joaquina..... | 96 |
| Figura 26: Fenogramas do percentual de intensidade de Fournier referente às fenofases vegetativas e reprodutivas de <i>Varronia curassavica</i> Jacq., e herbivoria foliar no período de janeiro de 2014 a janeiro de 2015, avaliadas nas restingas da Joaquina (■) e do Campeche (●) Florianópolis/SC..... | 98 |
| Figura 27: Danos causados pela herbivoria foliar em <i>Varronia curassavica</i> Jacq. A) Minação; B) perfuração e C) corte. | 99 |
| Figura 28: Medidas realizadas para caracterização da morfologia floral de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (Boraginaceae). A) a. medida do comprimento do cálice, b. medida comprimento da flor; B) medida do diâmetro de abertura do tubo da corola; C) d. medida do comprimento do tubo, e. medida do androceu; D) f.g. medida do gineceu. Fotos: Marcia Patricia Hoeltgebaum. | 112 |
| Figura 29: A) Marcação das flores e inflorescências ensacadas; B) implementação do experimento do sistema reprodutivo; C.D) Germinação das progênes de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (Boraginaceae) em casa de vegetação. | 116 |
| Figura 30: a-g. <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (Boraginaceae) - flor brevistila; b. flor longistila; c. corte lateral de flor brevistila evidenciando as estruturas reprodutivas; d. corte lateral de flor longistila evidenciando as estruturas reprodutivas; e. ramo com inflorescência. Ilustração: Leandro Lopes de Souza. | 117 |
| Figura 31: Desenvolvimento do botão floral de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (Boraginaceae) a. botão floral; b. rompimento das sépalas (noite anterior à antese); c. início da antese, estigmas receptivos (06:00); d. corola exposta e lobos fechados; início da liberação de pólen e néctar (07:00); e. expansão e separação dos lobos; f. flor totalmente aberta (09:00); g. início do murchamento e oxidação floral (14:00); h. flor totalmente oxidada (18:00). Ilustração: Leandro Lopes de Souza..... | 120 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 32: Acompanhamento do desenvolvimento da inflorescência de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. a) Número de inflorescências mensuradas; b) comprimento da inflorescência (cm); c) número médio de botões; d) número médio de flores abertas (FA), número médio de flores senescentes (FS), número médio de frutos verdes (FV)..... | 121 |
| Figura 33: Volume médio de néctar potencial e instantâneo, em μL por flor, de <i>Varronia curassavica</i> Jacq., em diferentes datas e horários de coleta. | 122 |
| Figura 34: Atividade diária dos visitantes florais em <i>Varronia curassavica</i> Jacq., entre os meses de outubro e março de 2015, em área de restinga, Joaquina - Florianópolis/SC. | 123 |
| Figura 35: Exemplares de visitantes florais de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. P= polinizador; PE= polinizador eventual; PP = polinizador potencial; VF = visitante floral. Fotos da autora. | 124 |
| Figura 36: Fauna dispersora de <i>Varronia curassavica</i> Jacq., observada na restinga da Joaquina – Florianópolis/SC. A) <i>Turdus amaurochalinus</i> (sabiá-poca), B) <i>Mimus saturninus</i> (sabiá-do-campo), C) <i>Pitangus sulphuratus</i> (bembe-te-vi), D) <i>Passer domesticus</i> (pardal), E) <i>Zonotrichia capensis</i> (tico-tico), F) <i>Acromyrmex striatus</i> (formiga-cortadeira). | 128 |
| Figura 37: Resultado dos tratamentos implantados para avaliação do sistema reprodutivo de <i>Varronia curassavica</i> Jacq., Joaquina - Florianópolis/SC. A) Desprendimento das marcações. B - C) Senescência da inflorescência..... | 130 |
| Figura 38: Cromossomos de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. A - B = cromossomos mitóticos de tecido meristemático obtido da ponta de raízes de diferentes indivíduos; C = cromossomos gaméticos em células-mãe de grãos de pólen em metáfase..... | 143 |
| Figura 39: Dendrograma de divergência genética obtido a partir da distância D de Nei (1972), para quatro populações de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. Correlação Cofenética = 0,88 | 154 |
| Figura 40: Inter-relações dos processos biológicos e ecológicos de <i>V. curassavica</i> Jacq. dentro do contexto da restinga. H_S = Diversidade genética dentro das populações; D_{ST} = Diversidade genética entre as populações; P:O = Pólen:óvulo; t = taxa de cruzamento aparente..... | 165 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Áreas onde foram conduzidos os estudos sobre caracterização da autoecologia de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (Boraginaceae) em Santa Catarina. | 45 |
| Tabela 2: <i>Loci</i> microssatélites empregados na genotipagem de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (Boraginaceae), com os motivos de repetição e a sequência dos <i>primers</i> desenvolvido por Figueira et al. (2010), marcados com as fluorescência NED (amarelo), VIC (verde), PET (vermelho) e FAM (azul), em combinação multiplex. | 56 |
| Tabela 3: Alturas média, mínima e máxima por classes de indivíduos de <i>Varronia curassavica</i> Jacq., avaliados entre os anos de 2014 e 2016, população da restinga da Joaquina - Florianópolis/SC. | 60 |
| Tabela 4: Cobertura vegetal e tipos de ambiente presentes nas subparcelas amostradas na avaliação de parâmetros demográficos de <i>Varronia curassavica</i> Jacq., restinga da Joaquina, Florianópolis/SC. | 67 |
| Tabela 5: Frequência alélica em oito <i>loci</i> microssatélites de indivíduos de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (Boraginaceae) na população Joaquina/SC, Brasil. Continua. | 70 |
| Tabela 6: Variação genética em oito <i>loci</i> microssatélites de <i>Varronia curassavica</i> Jacq., da população Joaquina- Florianópolis/SC- Brasil. | 72 |
| Tabela 7: Variação genética em oito <i>loci</i> microssatélites de <i>Varronia curassavica</i> Jacq., em ambiente de baixada seca, da população Joaquina-Florianópolis/SC- Brasil. | 73 |
| Tabela 8: Variação genética em oito <i>loci</i> microssatélites de <i>Varronia curassavica</i> Jacq., em ambiente de zona de transição de baixada seca, da população Joaquina- Florianópolis/SC- Brasil. | 73 |
| Tabela 9: Variação genética em oito <i>loci</i> microssatélites de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (Boraginaceae), em ambiente de duna semifixa, da população Joaquina- Florianópolis/SC- Brasil. | 74 |
| Tabela 10: Variação genética em oito <i>loci</i> microssatélites de <i>Varronia curassavica</i> Jacq., em ambiente de zona de transição de duna, da população Joaquina- Florianópolis/SC- Brasil. | 74 |
| Tabela 11: Estatísticas de diversidade genética de Nei (1973) de oito <i>loci</i> microssatélites para <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (Boraginaceae), população Joaquina/SC- Brasil e entre os diferentes ambientes da restinga. | 75 |
| Tabela 12: Resultado das análises dos testes de estatística circular para sazonalidade, comportamento fenológico e presença de herbivoria de <i>Varronia curassavica</i> Jacq., no Campeche e Joaquina, restinga da Ilha de Santa Catarina, entre os anos de 2014 e 2015. A = área; Obs. (N) = Número de observações; Âng. = ângulo; X = médio; DP = desvio padrão circular; C = Comprimento. * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,001$; - = não pode ser calculado devido ausência de variação. | 97 |
| Tabela 13: Correlação de Spermann (r) entre as fenofases, herbivoria foliar, e as variáveis climáticas, anos de 2014 e 2015, Florianópolis/SC. T min = | |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Temperatura Mínima; T med. = Temperatura Média; T Mx. = Temperatura Máxima; Precipitação; Fotoperíodo; H = Herbivoria; HFJ = Herbivoria Folha Jovem HFM = Herbivoria Folha Madura. * = $p < 0,05$ | 100 |
| Tabela 14: Médias (mm) e desvio padrão (S) das características florais de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. em ambiente de restinga, Joaquina/Florianópolis-SC. (n = 50). | 118 |
| Tabela 15: Visitantes florais de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. em ambiente de restinga, Joaquina - Florianópolis/SC..... | 125 |
| Tabela 16: Estimativas da taxa de cruzamento para cada família de matrizes de <i>V. curassavica</i> Jacq. (Boraginaceae) provenientes da população da restinga da Joaquina - Florianópolis, Santa Catarina - Brasil. | 131 |
| Tabela 17: <i>Loci</i> microssatélites empregados na genotipagem de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (Boraginaceae), com os motivos de repetição e a sequência dos <i>primers</i> desenvolvido por Figueira et al. (2010), marcados com as fluorescência NED (amarelo), VIC (verde), PET (vermelho) e FAM (azul), em combinação multiplex. | 141 |
| Tabela 18: Frequência alélica em oito <i>loci</i> microssatélite de indivíduos de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (Boraginaceae) de quatro populações de Santa Catarina, Brazil. CAM = Campeche; JOA = Joaquina; LAG = Laguna; PAL = Palhoça; Excl. = alelo exclusivo (em negrito). Continua..... | 145 |
| Tabela 19: Frequência alélica em oito <i>loci</i> microssatélites de progênes de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (Boraginaceae) da população Joaquina/SC – Brasil. | 148 |
| Tabela 20: Caracterização genética de oito <i>loci</i> microssatélites em quatro populações de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (Boraginaceae), Santa Catarina - Brasil. | 149 |
| Tabela 21: Variação genética em oito <i>loci</i> microssatélites de progênes de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (Boraginaceae), população Joaquina, Florianópolis/SC- Brasil..... | 150 |
| Tabela 22: Variação genética de quatro populações de <i>Varronia curassavica</i> Jacq., Santa Catarina - Brasil..... | 150 |
| Tabela 23: Estatísticas de diversidade genética de Nei (1973) para oito <i>loci</i> microssatélites em quatro populações de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. em Santa Catarina, Brasil..... | 153 |
| Tabela 24: Matriz de distância D de Nei (1972), para quatro populações de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (Boraginaceae). | 154 |
| Tabela 25: Tamanho efetivo populacional (N_e) para valores de referência de 50, 500 e 1000 indivíduos para indivíduos de quatro populações de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (Boraginaceae), em Santa Catarina. | 156 |

SUMÁRIO

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA | 25 |
| 1.1. ESTRUTURA DA TESE | 28 |
| 1.2.1. Objetivo Geral | 29 |
| 1.2.2. Objetivos Específicos e Hipóteses | 30 |
| 2. A RESTINGA | 33 |
| 3. A ESPÉCIE ESTUDADA | 37 |
| 4. ÁREAS DE ESTUDO | 45 |
| CAPÍTULO 1 | 49 |
| DINÂMICA POPULACIONAL, DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E ASPECTOS DA DIVERSIDADE E ESTRUTURA GENÉTICA DE <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (BORAGINACEAE) EM AMBIENTE DE RESTINGA | 49 |
| 1.1. RESUMO | 50 |
| 1.2. INTRODUÇÃO | 51 |
| 1.3. MATERIAL E MÉTODOS | 53 |
| 1.3.1. CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA POPULACIONAL E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL | 53 |
| 1.3.2. CARACTERIZAÇÃO DA DIVERSIDADE E ESTRUTURA GENÉTICA | 55 |
| 1.3.3. ANÁLISE DOS DADOS DEMOGRÁFICOS | 56 |
| 1.3.4. ANÁLISE DOS DADOS GENÉTICOS | 58 |
| 1.3.4.1. Diversidade e Estrutura Genética | 58 |
| 1.3.4.2. Distribuição Genética Espacial | 59 |
| 1.4. RESULTADOS | 59 |
| 1.4.1. DINÂMICA POPULACIONAL | 59 |
| 1.4.2. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL | 64 |
| 1.4.3. DIVERSIDADE E ESTRUTURA GENÉTICA ENTRE AMBIENTES | 70 |
| 1.4.4. ESTRUTURA GENÉTICA ESPACIAL | 75 |
| 1.5. DISCUSSÃO | 78 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.6. CONCLUSÕES | 82 |
| CAPÍTULO 2 | 84 |
| FENOLOGIA E HERBIVORIA FOLIAR DE <i>Varronia curassavica</i> Jacq. (BORAGINACEAE) EM ÁREAS DE RESTINGA - ILHA DE SANTA CATARINA | 84 |
| 2.1. RESUMO | 85 |
| 2.2. INTRODUÇÃO | 86 |
| 2.3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 89 |
| 2.3.1. ACOMPANHAMENTO FENOLÓGICO | 90 |
| 2.3.2. ANÁLISE DE DADOS | 92 |
| 2.4. RESULTADOS | 93 |
| 2.5. DISCUSSÃO..... | 101 |
| 2.6. CONCLUSÕES..... | 104 |
| CAPÍTULO 3 | 107 |
| BIOLOGIA REPRODUTIVA DE <i>Varronia curassavica</i> Jacq.: RECURSO ESTRATÉGICO NA RESTINGA | 107 |
| 3.1. RESUMO | 108 |
| 3.2. INTRODUÇÃO | 109 |
| 3.3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 111 |
| 3.3.1. ÁREA DE ESTUDO..... | 111 |
| 3.3.2. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA | 111 |
| 3.3.3. ACOMPANHAMENTO DA FLORAÇÃO E RECURSOS FLORAIS..... | 111 |
| 3.3.4. VISITANTES FLORAIS E DISPERSORES | 113 |
| 3.3.5. SISTEMA REPRODUTIVO | 114 |
| 3.3.5.1. Razão pólen/óvulo e viabilidade polínica | 114 |
| 3.3.5.2. Cruzamentos controlados e taxa de cruzamento | 114 |
| 3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 117 |
| 3.4.1. CARACTERIZAÇÃO DA MORFOLOGIA FLORAL..... | 117 |
| 3.4.2. ACOMPANHAMENTO DA FLORAÇÃO E RECURSOS FLORAIS..... | 119 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.4.3. VISITANTES FLORAIS..... | 123 |
| 3.4.4. DISPERSORES | 127 |
| 3.4.5. SISTEMA REPRODUTIVO | 129 |
| 3.4.5.1. Razão pólen/óvulo e viabilidade polínica..... | 129 |
| 3.4.5.2. Taxa de Cruzamento..... | 130 |
| 3.5. CONCLUSÕES | 132 |
| CAPITULO 4..... | 135 |
| DIVERSIDADE E ESTRUTURA GENÉTICA DE POPULAÇÕES DE <i>Varronia curassavica</i> Jacq.: UMA ESPÉCIE POLIPLÓIDE COM USO MEDICINAL EM AMBIENTE AMEAÇADO | 135 |
| 4.1. RESUMO | 136 |
| 4.2. INTRODUÇÃO | 137 |
| 4.3. MATERIAL E MÉTODOS | 139 |
| 4.3.1. ÁREAS DE ESTUDO..... | 139 |
| 4.3.2. DETECÇÃO DA PLOIDIA | 139 |
| 4.3.3. CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA..... | 140 |
| 4.3.4. ANÁLISES GENÉTICAS..... | 141 |
| 4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 143 |
| 4.4.1. EVIDÊNCIA DE POLIPLOIDIA | 143 |
| 4.4.2. DIVERSIDADE GENÉTICA | 144 |
| 4.4.3. ESTRUTURA GENÉTICA POPULACIONAL | 152 |
| 4.4.4. FLUXO GÊNICO E TAMANHO DA VIZINHANÇA | 154 |
| 4.4.5. TAMANHO EFETIVO POPULACIONAL..... | 155 |
| 4.5. CONCLUSÕES | 157 |
| CAPÍTULO 5..... | 159 |
| IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO E USO DE <i>Varronia Curassavica</i> Jacq..... | 159 |
| 5.1. IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO..... | 160 |
| 5.1.1. IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO <i>IN SITU</i> E <i>EX SITU</i> | 161 |
| 5.1.2. IMPLICAÇÕES PARA O USO SUSTENTÁVEL | 166 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 10. REFERÊNCIAS | 171 |
| 11. ANEXOS..... | 213 |
| ANEXO 1: Autorização para realização de pesquisa no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição. | 213 |
| ANEXO 2: Autorização para realização de atividades científicas com coleta de material biológico em Unidade de Conservação SISBIO. | 215 |

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O Brasil é detentor da maior diversidade biológica do planeta (MMA, 2011) distribuída, em grande parte, nas florestas tropicais. O bioma Mata Atlântica é uma das mais importantes áreas de floresta tropical e é considerada um dos *hotspots* mundiais de diversidade (Myers et al., 2000; Mittermeier et al., 2005), sendo portanto, prioritária à conservação (Conservation International do Brazil, 2000). A ampla exploração que tem ocorrido desde o século XV reduziu severamente suas áreas originais de distribuição, acelerando o processo de extinção de várias espécies a ela associadas (Franke et al., 2005; Lagos & Muller, 2007; Ribeiro et al., 2009).

Este bioma compreende um conjunto de formações florestais e ecossistemas associados, que incluem a Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Decidual e Semidecidual, os manguezais, as restingas, os campos de altitude, brejos e encaves florestais interioranos no Nordeste (Brasil, 2006). Originalmente, a Mata Atlântica ocupava grande parte do litoral brasileiro, estendendo-se do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul, englobando uma área de aproximadamente 1,3 milhões de km² (Martins et al., 2009). Atualmente restam apenas cerca de 13% dos seus remanescentes, em sua grande maioria na forma de fragmentos com formações florestais secundárias (Ribeiro et al., 2009).

Dentre seus ecossistemas, as restingas se destacam pela sua importância e complexa diversidade de habitats, o que lhes conferem não só grande relevância, mas também fragilidade e extrema susceptibilidade aos efeitos da pressão antrópica (Falkenberg, 1999). Devido à proximidade com a costa litorânea, esses ambientes vêm sofrendo processo continuado de degradação de suas características naturais desde a colonização europeia (Barcelos et al., 2012). Apesar de as restingas serem legalmente protegidas (Brasil, 2002; 2012), o aumento da atividade humana ao longo da zona costeira tem acarretado em contínua degradação dos seus componentes biológicos e paisagísticos (Santos & Medeiros, 2003). Tal cenário tem-se acentuado pelos processos de urbanização, refletindo em progressiva destruição e fragmentação deste ecossistema (Rocha et al., 2007), reduzido em mais de 90% da sua área original (SOS Mata Atlântica, 1998). Alia-se a isso, a baixa capacidade de resiliência das restingas, no que concerne à habilidade de regeneração da vegetação local, quando ocorrem ações que degradam o ambiente (Pimentel & Silva, 2011).

Tendo em vista a importância ecológica das áreas de restinga e o risco gerado pela pressão antrópica, e outros fatores que podem acarretar em perda de diversidade e em alterações na dinâmica dos processos ambientais (Barcelos et al., 2012), estudos voltados a espécies que ocorrem neste ecossistema podem contribuir, não só para o conhecimento de suas populações vegetais, mas também podem fornecer subsídios para ampliar a compreensão das relações bióticas, e do reflexo dos impactos antrópicos na sua conservação.

Dentre as espécies vegetais características da restinga, encontra-se *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae), uma planta subarborescente que ocorre em praticamente todo o litoral brasileiro (Smith, 1970).

A espécie apresenta importância com uso medicinal, sendo utilizada popularmente por suas propriedades anti-inflamatória, analgésica e cicatrizante (Lorenzi & Matos, 2008). Além do uso popular, há por parte da indústria farmacêutica, um crescente interesse na obtenção de folhas da espécie para ser utilizada como matéria-prima na fabricação de medicamentos (Montanari Junior, 2011).

Sua eficácia é reconhecida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e está incluída no Formulário de Fitoterápicos da Farmacopéia Brasileira e na lista da Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS - RENISUS (Brasil, 2011; Brasil, 2014).

A utilização de substâncias naturais provenientes de plantas para o controle de doenças vem sendo praticada ao longo de séculos, e um aumento pela busca de fitofármacos, tanto como medicina alternativa ou complementar tem sido observado nos últimos anos (Thirupathi et al., 2008). Atualmente, estima-se que ao menos 25% dos fármacos disponíveis na terapêutica moderna provêm diretamente ou indiretamente de plantas medicinais, especialmente por meio da aplicação de tecnologias relacionadas ao conhecimento tradicional (Rodrigues & Amaral, 2012).

Contudo, a transformação de plantas em medicamentos depara-se com a dificuldade de obtenção de matéria-prima para a produção dos fitoterápicos, sendo o extrativismo a principal forma de obtenção de plantas medicinais, em praticamente todas as formações vegetais brasileiras (Scheffer et al., 1999; Barata, 2005; Lapa, 2006).

Estudos realizados na Mata Atlântica com produtos florestais não madeireiros evidenciam a importância do extrativismo para diferentes comunidades e também apresentam possibilidades de conservação pelo uso (vide Steenbock & Reis 2013; Mariot et al. 2014; Mattos 2015).

Entretanto, apesar de o extrativismo possibilitar obtenção de renda para muitas comunidades, por meio da comercialização da matéria-prima, a pressão econômica pode tornar este processo predatório na maior parte das situações (Reis & Siminski, 2011), implicando em redução expressiva das populações naturais das espécies exploradas ou provocando perda de variabilidade genética (Sebbenn et al., 2008; Ratnam et al., 2014). Tal prática, aliada à fragilidade e degradação dos seus habitats pode resultar no comprometimento das populações no seu ambiente de ocorrência (Reis, 1996).

Portanto, tendo em vista a utilização destas espécies pelo homem, aliada à necessidade de manutenção do equilíbrio dos ecossistemas naturais, o estabelecimento de linhas de ação voltadas para tecnologias de manejo ou cultivo tornam-se imprescindíveis (Reis, 1996; Mariot & Reis, 2006; Mariot et al., 2014a).

Neste sentido, estudos que busquem a integração dos aspectos da autoecologia e da caracterização genética das populações vegetais devem ser considerados prioritários, para que se possa ampliar o conhecimento e subsidiar a utilização sustentável das espécies e criar novas oportunidades de uso, sem comprometer a conservação *in situ* das populações naturais e do ecossistema onde se desenvolvem.

A caracterização genética e demografia de populações são necessárias para se analisar a estrutura e a estabilidade populacional de uma espécie (Connell et al., 1984; Diaz & Oyama, 2007; Martins, 1987). A literatura aponta ainda sobre a importância de integrar a caracterização da estrutura genética com estudos de ecologia da polinização e da dispersão de diásporos (Nason & Hamrick, 1997).

O conhecimento sobre a genética de populações tem como um dos seus principais objetivos a descrição da variabilidade genética existente (Moura, 2005). Esta variação é condição fundamental para que haja evolução, uma vez que a seleção natural atua entre as diferenças que ocorrem dentro das populações em função da adaptação ao ambiente (Torggler et al., 1995). Aliado aos aspectos genéticos, o tamanho efetivo populacional (N_e) é um parâmetro que tem sido empregado para estimar o número mínimo de indivíduos requerido para sustentação de uma população (Eguiarte et al., 1993; Reis, 1996). É um parâmetro importante para avaliar o impacto da deriva sobre a manutenção da diversidade e a estrutura genética de populações ao longo das gerações (Moraes et al., 1999; Kliman et al, 2008; Gasca-Pineda et al., 2013).

Adicionalmente, o conhecimento sobre o sistema reprodutivo tem se mostrado de grande importância para o entendimento de padrões de fluxo gênico e a diferenciação genética de populações (O'Malley et al.,

1988; Bawa, 1992). Considerando que *V. curassavica* é polinizada e dispersa por animais (Opler et al., 1975), o estudo sobre aspectos da biologia floral é necessário, uma vez que esses vetores interferem sobre a estrutura demográfica e genética das mesmas (Reis, 1996; Tarazi, 2009).

Para uma melhor compreensão das interações planta-animal estudos fenológicos tornaram-se fundamentais, tendo em vista que os padrões de brotação, floração e frutificação influenciam nas populações de herbívoros, polinizadores, agentes dispersores e predadores. O registro desses padrões é condição primária para o sucesso no uso sustentável dos recursos genéticos e para a conservação dos ecossistemas (Bawa & Ng, 1990). O conhecimento fenológico também é essencial para o entendimento dos fatores que influenciam na reprodução e na sobrevivência das plantas, e contribui tanto para o entendimento da dinâmica quanto da estruturação das comunidades vegetais (Morellato et al., 2000; 2010a).

Apesar da importância da espécie e do ecossistema no qual ela está inserida, muito pouco se conhece ainda sobre a autoecologia e a diversidade genética de *V. curassavica*. Até o presente momento, a maioria dos estudos encontrados está direcionada ao seu potencial medicinal, focado nos aspectos fitoquímicos e farmacológicos (Velde et al., 1982; Basile et al., 1989; Lins et al., 1990; Sertié et al., 1991; Carvalho Jr. et al., 2004; Fernandes et al., 2007; Passos et al., 2007).

Diante deste cenário, que envolve um hábitat fortemente ameaçado, o uso e ausência de estudos, este trabalho teve como objetivo caracterizar a autoecologia de populações de *V. curassavica* em áreas de restinga, visando conhecer aspectos da sua dinâmica populacional, fenologia, biologia reprodutiva e da organização da diversidade genética, e assim contribuir com informações para fundamentar estratégias de conservação e uso sustentável para a espécie.

1.1. ESTRUTURA DA TESE

A tese estará organizada em cinco capítulos. Antecedendo a estes, a introdução à temática buscou contextualizar o trabalho, apresentando a problemática e justificativa do estudo, bem como seus objetivos e hipóteses. Na sequência é apresentada uma abordagem teórica sobre a restinga, características da espécie e das áreas de estudo.

O primeiro capítulo trata de aspectos da dinâmica populacional de *V. curassavica*, bem como da identificação da distribuição espacial dos seus indivíduos e genótipos. As avaliações foram conduzidas ao longo de três anos, para uma população. As informações aqui geradas contribuíram para um diagnóstico populacional referente à estabilidade e capacidade de colonização no ambiente, e para identificação do padrão de distribuição espacial da espécie e sua relação com fatores abióticos, enfatizando a heterogeneidade ambiental na restinga como elemento chave na distribuição da espécie. Além disso, a caracterização da estrutura genética espacial contribuiu para uma melhor compreensão a respeito da distribuição dos genótipos e como a movimentação dos alelos pode estar relacionada a mecanismos de autoincompatibilidade.

O capítulo dois aborda o estudo sobre a fenologia vegetativa e reprodutiva da espécie, assim como a presença de herbivoria em duas populações distintas, acompanhadas ao longo de dois anos. As informações fenológicas permitiram prever as épocas de reprodução, assim como avaliar a disponibilidade dos recursos ao longo do ano, a relação das fenofases com as variáveis climáticas, além de contribuir para a identificação de estratégias de cruzamento da espécie.

O capítulo três trata dos aspectos da biologia floral e reprodutiva de *V. curassavica*. O conhecimento da biologia reprodutiva da espécie permite inferir sobre a capacidade de sobrevivência da mesma, como esta interage com os vetores de polinização e dispersão, além de estimar a taxa de cruzamento, contribuindo assim, para o entendimento de padrões de fluxo gênico e diferenciação genética de populações.

No capítulo quatro são apresentados os resultados referentes à caracterização da diversidade genética dentro e entre as populações estudadas no Estado em quatro áreas de restinga. Também são apresentadas estimativas do tamanho efetivo populacional dessas populações e de fluxo gênico.

Finalmente, o último capítulo trata de considerações gerais sobre os resultados obtidos buscando sua integração e, da implicação destes, para a conservação e uso sustentável da espécie.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Caracterizar aspectos da autoecologia de *Varronia curassavica* em populações de restinga, visando contribuir com informações para fundamentar estratégias de conservação e uso sustentável para a espécie.

1.2.2. Objetivos Específicos e Hipóteses

- Caracterizar aspectos da dinâmica populacional, avaliar o padrão intrapopulacional de distribuição espacial de indivíduos e de genótipos, bem como estimar a diversidade e estrutura genética populacional e a relação destes com o ambiente de restinga, visando trazer subsídios para conservação da espécie e manutenção da biodiversidade em ambiente de restinga.
 - a) Por não existir informações quantitativas do uso da espécie no local, e por estar localizada em área de Parque, espera-se que a população se apresente estável, com capacidade reprodutiva e regenerativa ao longo dos anos.
 - b) Devido às características biológicas de dispersão da espécie e a heterogeneidade do ambiente em que a espécie ocorre, espera-se que a população apresente distribuição espacial tendendo a agregação.
 - c) Considerando os vetores de polinização e o padrão agregado, espera-se encontrar estruturação genética espacial para curtas distâncias, também influenciada pelas características ambientais e pelos mecanismos de fluxo gênico.
- Caracterizar aspectos da fenologia vegetativa e reprodutiva da espécie.
- Avaliar a existência de correlação dos eventos fenológicos com variáveis climáticas.
- Avaliar a ocorrência de herbivoria foliar, intensidade, tipo de dano e a existência de variação sazonal ao longo do ano.
 - d) Considerando as informações da literatura, espera-se que a espécie apresente brotação, floração e frutificação contínuas ao longo do ano e que estas fenofases sejam mais intensas nos períodos mais quentes do ano, respondendo a efeitos climáticos.
 - e) Espera-se encontrar maior herbivoria por insetos em folhas maduras, em baixa intensidade e com variação sazonal ao longo do ano.
- Avaliar diferentes aspectos da biologia floral e reprodutiva bem como estimar sua taxa de cruzamento.
 - f) A espécie deve apresentar antese diurna e mecanismos que favoreçam polinização biótica cruzada, caracterizando um padrão reprodutivo tipicamente alogâmico.

- g) Devido às características e mecanismos florais espera-se que os visitantes florais sejam pequenos insetos, e a dispersão dos frutos, preferencialmente por aves.
- Caracterizar a diversidade genética intra e interpopulacional das populações em diferentes áreas de restinga, utilizando marcadores microssatélites.
 - Identificar a ploidia e estimar o tamanho efetivo populacional e o fluxo gênico entre quatro populações distintas.
 - h) Espera-se que as populações apresentem alta variabilidade genética, devido aos mecanismos de fecundação cruzada; com elevada diversidade genética intrapopulacional e baixa divergência interpopulacional, devido ao fluxo gênico favorecido pelos processos de polinização e dispersão de sementes.
 - i) Alterações na ploidia é um fenômeno comum em espécies da família Boraginaceae e padrões multibandas em diferentes locus de marcadores microssatélite já foram identificados para *V. curassavica*. Assim, espera-se que as populações analisadas apresentem poliploidia e elevada variação genética.
 - j) A heterogeneidade ambiental, o padrão de distribuição espacial e a pressão antrópica sobre *V. curassavica* devem refletir em um tamanho efetivo populacional superior ao tamanho efetivo de referência para a conservação da diversidade genética da espécie em médio e longo prazo.

2. A RESTINGA

Conceitualmente, o termo restinga apresenta correlações geomorfológica, ecológica e botânica. Segundo a Resolução CONAMA Nº 261, de 30 de junho de 1999 (Brasil, 1999), as restingas são complexos vegetacionais edáficos e pioneiros, com florística e fisionomias distintas encontradas em terrenos arenosos de origem marinha como praias, cordões arenosos, dunas e depressões associadas a planícies e terraços. Compreende formações originalmente herbáceas, subarbustivas, arbustivas ou arbóreas, que podem ocorrer em mosaicos em função de gradientes locais.

Do ponto de vista geomorfológico, a linha costeira caracteriza-se por intensa instabilidade, devido a alterações de efeitos naturais e antrópicos que ocasionam alterações de disponibilidade dos sedimentos (Guerra & Cunha, 2001).

Em função da instabilidade e fragilidade desse tipo de ambiente, a vegetação desempenha um papel fundamental na estabilização dos sedimentos, na manutenção da drenagem natural (Falkenberg, 1999), na preservação da sua fauna residente e migratória, além de contribuir para a modificação das condições pedológicas e limnológicas, quando do acúmulo de matéria orgânica no solo (Waechter, 1990).

A restinga é um ambiente recente na escala geológica e as espécies que compõe a sua flora são originadas de formações vegetacionais e ecossistemas mais antigos, como a Mata Atlântica (Barcelos et al., 2012).

A vegetação de restinga é considerada bastante heterogênea, tanto florística como estruturalmente (Silva, 1999; Pires et al., 2012), ocorrendo normalmente em mosaico, com descontinuidades na paisagem, na cobertura vegetacional e na sua fisionomia (Castro et al., 2007). Waechter (1990; 1985) atribui estes mosaicos à diversidade de gradientes locais do solo, onde é possível encontrar desde áreas bem drenadas, inundáveis e até mal drenadas, e podem apresentar também uma zonação no sentido oceano-continente, onde à medida que aumenta a distância do mar e diminui a influência da salinidade, há aumento na riqueza de espécies, na lenhosidade e na altura da vegetação.

As espécies vegetais que se desenvolvem nestas áreas estão sujeitas às constantes mudanças físicas do ambiente, temperaturas elevadas, borrifos permanentes de água salgada, baixa disponibilidade de água, solos pobres em nutrientes e ventos intensos (Waechter, 1985; Rocha et al., 2004), fatores que somados geram um grande estresse para a vegetação (Sugiyama, 2003).

Para sobreviver a este tipo de ambiente, no entanto, as plantas contam com adaptações na capacidade de armazenamento de água, na resistência à salinidade e na adaptação do mecanismo fotossintético. Muitas espécies desenvolvem folhas brilhantes, suculentas, de tamanho reduzido, com pequeno número de estômatos ou revestidas por uma camada de cera, mecanismos estes, que proporcionam tanto a economia de água quanto a reflexão da luz solar (Bresolin, 1979).

As restingas cobrem aproximadamente 5.000 km do litoral brasileiro, estendendo-se do Pará até o Chuí (Waechter, 1985). Em Santa Catarina, as planícies arenosas litorâneas ocupam uma faixa estreita, com uma área de 4.212 km², equivalente a 4,4% do território do estado (Gaplan, 1986). Está entre as maiores restingas do país em termos de superfície e, segundo Falkenberg (1999), possivelmente, a mais diversa em espécies vasculares no Brasil, representada por uma vegetação edáfica em constantes estágios de desequilíbrio e sucessão (Bresolin, 1979).

Falkenberg (1999) propôs para a restinga catarinense classificação fitofisionômica reconhecendo três tipos básicos de comunidades vegetais, enquadrando-a em: restinga herbácea/subarbustiva, restinga arbustiva e restinga arbórea. A restinga herbácea/subarbustiva, onde comumente a espécie *V. curassavica* se desenvolve, apresenta vegetação composta por espécies predominantemente herbáceas subarbustivas e algumas arbustivas. Encontra-se presente principalmente em praias, dunas frontais e internas (móveis, semifixas e fixas), em lagunas e suas margens, planícies e terraços arenosos, banhados e depressões. Ainda segundo Falkenberg (op. cit.), em função da morfodinâmica intensa resultante da instável ação de ondas, ventos, chuvas e marés, a definição de estágios sucessionais, naturais ou decorrentes de atividades humanas é muito difícil, podendo sua vegetação ser considerada geralmente como primária, exceto quando totalmente descaracterizada.

Apesar de este ecossistema ser considerado pela legislação nacional como Área de Preservação Permanente pelo Código Florestal - Lei Federal Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (Brasil, 2012), e pela Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002 (Brasil, 2002), estes ambientes vêm sofrendo forte pressão desde o início da colonização europeia, devido à facilidade de ocupação e proximidade com os primeiros povoamentos (Falkenberg, 1999; Melo et al., 2008). A ocupação acelerada de regiões litorâneas tem resultado num intenso processo de urbanização que ameaça os ecossistemas costeiros

(Strohaecker, 2008). O risco provocado pela especulação imobiliária e pela extração ilegal de areia e espécies vegetais podem gerar perda de diversidade e consequente alterações na dinâmica dos processos ambientais, envolvidos na manutenção da vegetação local (Barcelos et al., 2012), além das sucessivas modificações da paisagem (Falkenberg, 1999; Santos & Medeiros, 2003) que interferem em toda a estrutura biótica e abiótica do ecossistema. Alia-se a isso, a baixa capacidade de resiliência das restingas, no que concerne à habilidade de regeneração da vegetação local, quando ocorrem ações que degradam o ambiente (Pimentel & Silva, 2011).

Neste sentido, tendo em vista a importância ecológica das áreas de restinga e o risco gerado pela pressão antrópica e outros fatores, estudos voltados a espécies que ocorrem nesse ecossistema podem contribuir para o conhecimento de suas populações vegetais, de suas relações bióticas, e ainda para subsidiar ações que possam estar voltadas a sua conservação.

Para que se possam promover ações de conservação, entretanto, é necessário que tais estudos consigam, sobretudo, sensibilizar a sociedade e autoridades competentes, e que estas reconheçam as potencialidades, os valores ambientais, sociais e econômicos que estes ecossistemas e sua biota associada representam (Coradin, 2011).

3. A ESPÉCIE ESTUDADA

Varronia curassavica Jacq. pertence à família Boraginaceae (Figura 1), incluindo aproximadamente 140 gêneros e 2.700 espécies, e distribui-se tanto em regiões temperadas como em tropicais (Souza & Lorenzi, 2008; Judd et al., 2009). No Brasil existem cerca de 129 espécies, agrupadas em 9 gêneros que ocorrem em diferentes formações vegetais do país (Melo et al., 2014), sendo *Cordia*, *Varronia* e *Tournefortia* os gêneros mais numerosos (Vieira et al., 2013).

A família compreende uma ampla variedade de hábitos, podendo ser ervas, subarbustos, lianas ou árvores (Melo & Stapf, 2014). Foi inicialmente descrita por Jussieu (1789) e apresenta folhas que podem ser simples, geralmente alternas, raro opostas ou verticiladas, com estípula ausente. A inflorescência é predominantemente cimosa, escorpióides ou helicóides. Flores frequentemente vistosas, hermafroditas e unissexuais, por aborto, diclamídeas, actinomorfas ou ligeiramente zigomorfas. Cálice gamossépalo, tubuloso, infundibuliformes, campanulada, hipocrateriforme ou rotácea. Androceu com cinco estames livres, com filetes curtos ou longos, antera bilocular, rimosa, com lóculos globosos, ovóides, oblongos. Gineceu tetra carpelar, com ovário súpero, dois a quatro lóculos, uniovulados, raro, uniloculares. Fruto indeiscente, carnosos, constituindo uma drupa com dois a quatro lóculos ou pirenado por aborto, com estrutura drupácea, raramente possui fruto seco. Semente com ou sem endosperma. Embrião reto ou curvo, com cotilédones planos ou dobrados (Jussieu, 1789; Schmit, 1970).

A classificação em subfamílias fundamenta-se no tipo de inserção do ovário, no padrão de ramificação do estigma e no tipo de fruto (Al-Shehbaz, 1991). Os gêneros presentes no Brasil estão distribuídos em Cordioideae (*Cordia*, *Varronia*), Ehretioideae (*Lepidocordia*, *Rotula*), Heliotropioideae (*Euploca*, *Heliotropium*, *Tournefortia*) e Boraginoideae (*Moritzia*, *Thaumatocaryon*) (Melo & Stapf, 2014).

O gênero *Varronia* compreende cerca de 100 espécies neotropicais de espécies arbustivas ramificadas e com inflorescências especiformes ou capitutiformes, e folhas serrilhadas (Melo & Stapf, 2014). No Brasil existem cerca de 30 espécies do gênero, que ocorrem desde habitats de florestas, como em vegetação de cerrado e caatinga (Stapf, 2010).



Figura 1: A) *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae); B) Floração da espécie; C) Detalhe da inflorescência; D) Frutos em formação e frutos maduros. Fotos: Marcia Patricia Hoeltgebaum.

Em termos taxonômicos, a espécie foi amplamente revisada pelos especialistas, os quais apresentam divergências conceituais que refletem até mesmo na reordenação e divisão da família Boraginaceae baseada em dados estruturais e moleculares para a circunscrição da família (Vieira et al., 2013). Para o gênero *Cordia*, a grande diversidade morfológica de suas espécies tem provocado intensa controvérsia na delimitação taxonômica (Campos-Ríos & Chiang-Cabrera, 2012). Miller & Gottschling (2007), propõem com base em dados morfológicos, palinológicos e moleculares, a restauração do gênero *Varronia* P. Browne, que é representado por arbustos com inflorescências condensadas em espigada. Tal classificação é a que está sendo atualmente a mais aceita entre os taxonomistas. Portanto, neste estudo foi adotada a atualização proposta e aceita pela maioria dos taxonomistas, que considera a transferência de status da subseção de *Varronia* para gênero, e o nome da espécie para *Varronia curassavica* Jacq.

De acordo com a Flora do Brasil (Forzza et al., 2010), *Cordia curassavica* (Jacq.) Roem. & Schult. e *C. verbenacea* DC., são consideradas sinônimos de *V. curassavica* Jacq.. Outras sinonímias ainda são encontradas para a espécie na literatura, como *C. salicina* DC., *C. cylindristachia* Auctt. Bras. ex Fresen, *Lithocardium fresenii* Kuntze, *L. salicinum* Kuntze, e *L. verbaceum* Kuntze (Sánchez, 1995; Lorenzi, 2002).

Popularmente a espécie é conhecida como erva-baleeira, balieira-cambará, salicina, balieira, camarinha (Falkenberg, 2011), erva-preta, maria-milagrosa, maria-preta, camarinha (Montanari Junior, 2011) ou caramona (Melo et al., 2008). Dentre estes, o nome pelo qual é mais conhecida é erva-balieira ou erva-baleeira, alusivo à caça às baleias no litoral de Santa Catarina, uma vez que os caçadores aprenderam com os habitantes locais a utilizar a planta para tratar os ferimentos que ocorriam durante a realização da atividade (Kinupp, 2007; Montanari Junior, 2011).

Trata-se de uma planta heliófita, perene, de hábito arbustivo, bastante ramificado, podendo atingir de 1 a 2 metros de altura. Possui folhas sésseis, lanceoladas e pubescentes na face inferior, com nervuras proeminentes; de 5-12 cm de comprimento e 1,5 a 3 cm de largura (Smith, 1970). Apresenta inflorescência terminal em espiga, às vezes agrupada em panículas; com muitas flores brancas, vistosas, pentâmeras, radiais, diclamídeas, com cálice gamossépalo, campanulado, verde; corola gamopétala, 4-7 mm de comprimento, lobos arredondados; possui flores hermafroditas, sendo o androceu formado por cinco

estames alternados com os lobos da corola; ovário súpero bicarpelar e bilocular contendo em cada lóculo dois óvulos; fruto drupáceo vermelho, subgloboso, 3-5 mm x 2-4 mm, rodeado parcial ou totalmente pelo cálice (Smith, 1970). Possui polinização entomófila, tendo moscas, abelhas e borboletas como seus principais polinizadores, com a dispersão dos frutos principalmente zoocórica (Smith, 1970; Montanari Junior, 2011). Pode florescer em qualquer época do ano, com maior intensidade durante a primavera e verão (Montanari Junior, 2000). Muitas espécies do gênero apresentam mirmecofilia, sendo *V. curassavica* constantemente patrulhada por formigas (Belo et al., 2011).

Varronia curassavica é hermafrodita e apresenta mecanismos de prevenção a autofecundação (Opler et al., 1975; Ganders, 1979; Taisma & Varela 2005). A heterostilia presente na espécie tem sido registrada desde Darwin (1877) para *Varronia*, sendo considerado um mecanismo comum para diferentes gêneros de Boraginaceae (Opler et al., 1975).

Apresenta ampla distribuição, podendo ser encontrada desde a América Central até o sul do Brasil, onde ocorre do estado do Ceará até o Rio Grande do Sul, formando densos agrupamentos em terrenos úmidos do litoral (Smith, 1970; Lorenzi & Matos, 2008). Em Santa Catarina, é comumente encontrada em restingas subarbustivas ou arbustivas, crescendo na duna frontal, ou em dunas internas e planícies arenosas enxutas, bem como em costões rochosos junto às restingas; raramente pode ser observada mais para o interior, desenvolvendo-se em solos úmidos de estágios iniciais da sucessão da Floresta Ombrófila Densa (Smith, 1970). Estudos recentes demonstram que a espécie pode ocorrer também em vegetação de cerrado e caatinga (Rodal & Nascimento, 2002; Mendes et al., 2015), e ainda, em campos rupestres (Gastauer et al., 2012).

A espécie é utilizada como planta medicinal devido às suas propriedades anti-inflamatória, analgésica e cicatrizante (Lorenzi & Matos, 2008), além de ser considerada também como antiulcerogênica, antimicrobiana e com propriedades tônicas (Panizza, 1997; Passos et al., 2007).

Dentre os compostos encontrados na parte aérea da planta estão taninos, flavonóides e os óleos essenciais (Fernandes et al., 2007). O óleo é constituído de monoterpenos e sesquiterpenos, cujos compostos majoritários são o α -pineno, o aloaromadendreno, o trans-cariofileno; e dentre os minoritários estão o α -humuleno, espatulenol, β -gurjuneno e o epoxicariofileno (Carvalho Jr. et al., 2004). Pesquisas realizadas com a

espécie concluíram que o efeito anti-inflamatório deve-se a presença do princípio ativo α -humuleno (Medeiros et al., 2007), presente principalmente nas folhas. As atividades anti-inflamatórias e analgésicas têm sido comprovadas por estudos farmacológicos, e despertado cada vez mais o interesse da comunidade científica, sendo seus compostos, alvo de diversos estudos (Gomes, 2010).

O óleo essencial extraído das folhas e hastes de plantas cultivadas de *V. curassavica* é utilizado na produção do Acheflan®, primeiro fitoterápico totalmente desenvolvido no Brasil pelo Laboratório Aché (Ereno, 2005; Bolzani et al., 2012). O processo de pesquisa e desenvolvimento do medicamento durou sete anos, contou com o envolvimento de pesquisadores de quatro universidades nacionais: Unicamp, Unifesp, PUC-Campinas e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), e investimentos de mais de R\$ 15 milhões (Ereno, 2005).

Além do uso nacional, o medicamento foi introduzido em países como os Estados Unidos, Canadá e Japão (Bolzani et al., 2012). No Brasil é possível encontrar a espécie sendo comercializada na forma de chás, óleos essenciais, pomadas, sprays, sabonetes, entre outros.

O uso de *V. curassavica* está documentado em diferentes estudos. Falkenberg (2011) descreve a utilização da planta no Brasil, em especial no litoral dos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, onde o extrato alcoólico é utilizado para tratamento de reumatismo, e o produto obtido pela fervura das folhas em água, adicionado de pequena quantidade de álcool em banhos é utilizado para tratar de dores dos membros (Akisue, 1983). Rodrigues et al. (2012) recomendam o óleo essencial da espécie para ser utilizado como adjuvante de antibióticos contra bactérias patogênicas do trato respiratório. Já o chá das folhas é indicado tanto para cicatrização de feridas externas quanto para cicatrização de úlceras estomacais (Lorenzi & Matos, 2008). Medeiros et al. (2007) descrevem seu uso para o tratamento de reumatismo, artrite reumatóide, gota, dores musculares e da coluna, nevralgias, prostatites e contusões, empregando-se a espécie na forma de infusões, decocção e extratos alcoólicos.

Em outros países, o uso é igualmente variado, contudo, no México, as partes aéreas são usadas ainda para tratamento de diarreia (Hernández et al., 2003), e em Trinidad-Tobago, por exemplo, a planta é utilizada para controlar ectoparasitas em cães (Lans et al., 2000). Aciole (2009) encontrou ainda, elevado potencial inseticida para o óleo de *V. curassavica* em condições de laboratório.

De forma geral, a maioria dos estudos está direcionada aos aspectos fitoquímicos e farmacológicos da espécie (Velde et al., 1982; Basile et al., 1989; Lins et al., 1990; Sertié et al., 1991; Carvalho Jr. et al., 2004; Fernandes et al., 2007; Passos et al., 2007), objetivando contribuir para o conhecimento do seu potencial medicinal. Também se encontram diferentes estudos sobre cultivo da espécie (Figueira et al., 2001; Magalhães et al., 2004; Montanari Junior & Magalhães, 2004), voltados especialmente, para a seleção de genótipos de interesse agrônômico, resposta a variáveis ambientais e à composição química relacionada com sua atividade (Vaz, 2006; Paulilo et al., 2010). Com relação à autoecologia e à caracterização da diversidade genética pode-se observar uma lacuna no conhecimento. Sobre a biologia reprodutiva, Opler et al. (1975), estudaram diversas espécies do gênero *Cordia*, entre eles *C. verbenacea*, agregando informações sobre morfologia floral e polinizadores da espécie. Taisma & Varela (2005), por sua vez, investigaram o sistema de compatibilidade utilizando o método de cruzamento controlado e observação direta de tubos polínicos. Guimarães (2006) caracterizou a fenologia reprodutiva das espécies vasculares da restinga, registrando para *V. curassavica* os eventos de floração e frutificação. Brandão et al. (2015) investigaram a biologia reprodutiva da espécie em plantas provenientes de banco de germoplasma. Em termos de caracterização genética, Figueira et al. (2010) desenvolveram oito marcadores microssatélites para a espécie, enquanto Coleman (1982), avaliando o número de cromossomos, concluiu que *V. curassavica*, é uma espécie diplóide, com $n = x = 9$.

Referente ao conhecimento e uso popular, Melo et al. (2008) realizaram estudo etnobotânico com ênfase em espécies de restinga na comunidade do Pântano do Sul, Ilha de Santa Catarina, e entre as espécies reconhecidas e utilizadas pela comunidade local, *V. curassavica* é empregada como planta medicinal e utilizada para diversos tratamentos. Gandolfo & Hanazaki (2011) também investigaram o conhecimento etnobotânico sobre espécies de restinga de representantes descendentes de açorianos do Distrito do Campeche, em Florianópolis/SC, e registram para espécie uso também na alimentação.

Outros registros interessantes sobre o uso da espécie podem ser encontrados no trabalho de Kinupp (2007), onde o autor faz menção ao forte odor liberado das folhas, lembrando o cheiro de caldo de galinha ou de condimentos utilizados para o tempero de carnes e, segundo o mesmo, daí provém às citações populares de uso das folhas como tempero. Kinupp (op. cit) experimentou as folhas como condimento e as

classificou como sendo “muito saborosas e aromáticas”. No entanto, ressalta que o uso das folhas como condimento ainda necessita de estudos específicos. As mesmas também foram utilizadas pelo mesmo autor para a fabricação de uma bebida fermentada, que foi igualmente classificada, e segundo ele, com boa aceitação entre os degustadores.

4. ÁREAS DE ESTUDO

O estudo foi conduzido em quatro áreas distintas de restinga, duas delas localizadas na Ilha de Santa Catarina, e duas na região continental do Estado (Tabela 1, Figura 2).

A restinga da Joaquina está localizada no litoral leste da Ilha de Santa Catarina, situada no distrito da Lagoa da Conceição e inserida no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição - PMDLC, instituído pelo Decreto Municipal nº 231 de 16/09/1988. Possui uma área de 563 ha e inclui todas as restingas que se estendem do sul da Lagoa da Conceição até a praia do Campeche, compreendendo um mosaico vegetacional, com fitofisionomia predominante herbácea arbustiva, associadas à duna frontal, dunas interiores e baixadas alagadas, úmidas e secas (Bresolin, 1979). Representa o maior campo de dunas móveis da Ilha de Santa Catarina, com aspectos geomorfológicos diversos (Caruso Jr., 1993; Cecca, 1997). O campo de dunas possui uma extensão de 3,5 km, com largura média de 1,2 km, próximo às margens da Lagoa da Conceição (Scherer, 2004). Constitui-se por dunas ativas de formas variadas na sua porção central, com altitude média de 10m, e dunas transversas próximas à praia, que alcançam aproximadamente 40m (Figura 3A); dunas fixas, recobertas com vegetação predominantemente arbustiva (Herrmann et al., 1987).

Tabela 1: Áreas onde foram conduzidos os estudos sobre caracterização da autoecologia de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae) em Santa Catarina.

| Área | Localização Geográfica | Município |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------|
| Restinga da Joaquina - Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PMDLC) | 27°37'46.19"S 48°27'1.59"W | Florianópolis/SC |
| Restinga do Campeche - área contínua ao PMDLC | 27°41'6.07"S 48°28'50.20"W | Florianópolis/SC |
| Restinga da Praia do Sonho em Palhoça - Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (PEST) - Baixada do Maciambú | 27°48'28.11"S 48°35'37.61"W | Palhoça/SC |
| Restinga da Praia do Gi em Laguna - Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca - Praia do Gi | 28°25'12.14"S 48°44'52.53"W | Laguna/SC |

A restinga do Campeche encontra-se em uma área de 121 ha, contínua ao PMDLC, na Ilha de Santa Catarina (Tabela 1, Figura 2). O campo de dunas situa-se ao longo da praia do Campeche, numa faixa estreitada pela pressão imobiliária. A vegetação predominante é

herbáceo-arbustiva, com trechos entre dunas cobertos por arvoretas que se adensam, formando um dossel (Figura 3B).

A restinga da Praia do Sonho está localizada no município de Palhoça, região central do estado de Santa Catarina (Tabela 1, Figura 2). A área está inserida no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro - PEST (Decreto de criação nº 1.260/75) que abrange uma área de 84.130 hectares, ocupando 1% do território estadual (Decreto Nº 3.446, de 10 de agosto de 2010). A região é formada, em sua maioria, por relevos fortemente ondulados, possuindo uma chapada tabular e uma região de baixada. Esta última é constituída por planícies quaternárias e banhada por rios com acentuados meandros que constituem a Baixada do Maciambú (Klein, 1981). A restinga do Parque está localizada na área da Baixada e a vegetação é predominantemente herbáceo-arbustiva (Figura 3C), dominada por melastomatóceas e mirtáceas arbustivas, e poucas árvores nas áreas mais secas (Klein, 1981).

A restinga da Praia do Gi, em Laguna está inserida na Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca, localizada no litoral do sul de Santa Catarina (Tabela 1, Figura 2) e criada pelo Decreto Federal s/nº, em 14 de setembro de 2000. A área da APA possui 156 mil ha, 130 km de costa marítima (<http://www.icmbio.gov.br/apabaleiafranca>), e abrange nove municípios, desde o sul da ilha de Santa Catarina até o Balneário Rincão. Nesta área, os solos e dunas que representam terras baixas sedimentares são recobertos por diferentes comunidades florísticas (Figura 3D). A vegetação é predominantemente herbácea, entremeada por pequenos arbustos que cobrem as dunas fixas da região. O relevo regular e plano é dominado por gramíneas e butiazais, juntamente com outros elementos que integram os campos litorâneos (Gré, 2013)

O clima predominante em toda a região que abrange as áreas de estudo, segundo o sistema de Köeppen (1948) é do tipo *Cfa* mesotérmico úmido com verões quentes e chuvas bem distribuídas ao longo do ano, com precipitação média anual de aproximadamente 1600 mm, sendo fevereiro o mês mais chuvoso (média de 210,7 mm) e junho o mais seco (média de 68,5 mm); a temperatura anual média é 19 °C, sendo janeiro o mês mais quente (média de 23 °C) e julho o mês mais frio (média de 15 °C) (Gaplan, 1986).



Figura 2: Mapa geográfico com a localização das áreas de estudo sobre a autoecologia de populações de *Varronia curassavica* Jacq.. Distâncias entre as áreas: Joaquina - Campeche: 6 km; Joaquina - Palhoça: 27 km; Joaquina - Laguna: 95 km; Campeche - Palhoça: 18 km; Campeche - Laguna: 81 km; Palhoça - Laguna: 65 km.



Figura 3: Aspecto geral da vegetação e relevo das áreas. A) Restinga da Joaquina; B) Restinga do Campeche; C) Restinga da Palhoça; D) Restinga da Laguna.

A autorização para a realização de atividades científicas com permissão para coleta e transporte de material botânico foi concedida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (processo SISBIO n^{os}. 40.894-1/45.989-1), e pela Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis, processo n^o 3.270/2014 (vide Anexos).

CAPÍTULO 1

DINÂMICA POPULACIONAL, DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E ASPECTOS DA DIVERSIDADE E ESTRUTURA GENÉTICA DE *Varronia curassavica* Jacq. (BORAGINACEAE) EM AMBIENTE DE RESTINGA



“A sobrevivência de um organismo depende da sobrevivência de um outro”.
Charles Darwin

1.1. RESUMO

Este estudo teve por objetivo caracterizar aspectos da dinâmica populacional, avaliar o padrão de distribuição espacial de indivíduos e de genótipos, bem como estimar a diversidade e estrutura genética intrapopulacional de *V. curassavica* e a relação destes com o ambiente. Foram realizadas avaliações anuais entre os anos de 2014 e 2016 para a população da Joaquina, em Florianópolis/SC. Foram registrados com coordenadas espaciais e mensurados todos os indivíduos presentes dentro de uma unidade amostral permanente de dois hectares. Os dados demográficos foram analisados por meio de estatísticas descritivas e de correlação, e o padrão de distribuição espacial foi calculado pela Função K de Ripley. Para caracterização da diversidade genética e estrutura populacional e espacial foram utilizados marcadores microssatélites. A população avaliada apresentou taxa de incremento positiva ao longo dos anos, equilíbrio regenerativo e baixa mortalidade de plântulas. A população respondeu com diferenças demográficas e genéticas a heterogeneidade ambiental. O padrão agregado de distribuição encontrado pode ser explicado pela presença de ambientes adequados ao estabelecimento da espécie. Zonas de baixada seca foram as áreas de ocorrência preferencial, com maior número de ingresso, alelos raros e alelos exclusivos. Os índices de fixação também foram distintos entre os ambientes, evidenciando uma tendência a cruzamentos preferencias em decorrência da autoincompatibilidade e ausência de endogamia. Foi registrada ausência de estrutura genética espacial para esta população, que pressupõe que os genótipos estão distribuídos aleatoriamente na área e que a circulação de genes pode estar relacionada a aspectos da história de vida da espécie e a fatores genéticos, como a presença de mecanismos de autoincompatibilidade. A dependência de vizinhos geneticamente compatíveis e a heterogeneidade ambiental devem ser consideradas para a definição de áreas mínimas à conservação *in situ*.

Palavras-chave: Conservação *in situ*, dinâmica populacional, distribuição espacial, estrutura genética espacial, heterogeneidade ambiental.

1.2. INTRODUÇÃO

Estudos demográficos constituem importante ferramenta na avaliação do estado de conservação de espécies vegetais e suas populações, uma vez que permitem quantificar o potencial regenerativo por meio de processos de natalidade, mortalidade e reprodução (Pavlik & Barbour, 1988; Méndez et al., 2004), auxiliando assim, no entendimento de como estas populações reagem às condições locais (Harper, 1977).

Processos demográficos como natalidade e mortalidade são influenciados, entre outros fatores, pela heterogeneidade ambiental (Bernasol & Lima-Ribeiro, 2010) e pelo modo de reprodução e dispersão (Janzen, 1970; Loveless & Hamrick, 1984; Ferreira et al., 2010), gerando padrões espaciais que se distanciam da aleatoriedade ou uniformidade (Thomas & Kunin, 1999). O grau de agregação ou dispersão dos indivíduos de uma população provê indicativos de como uma espécie utiliza um determinado recurso, ou como ela pode ser usada como recurso (Condit et al., 2000).

A importância de uma abordagem integrada dos estudos demográficos e genéticos tem sido apontada por diversos autores (Connell et al., 1984; Martins, 1987; Diaz & Oyama, 2007; Gonçalves et al., 2010) para entender o resultado da ação e das interações dos diferentes mecanismos que definem a estrutura populacional. Deste modo, o conhecimento e o entendimento da estruturação genética e demográfica são importantes para aprimorar tecnologias de manejo e conservação dos recursos genéticos vegetais (Epperson, 1992), assim como para avaliar os impactos da exploração e fragmentação dos habitats (Young & Merriam, 1994), e estabelecer estratégias de amostragem em populações naturais (Anjos, 1998; Chung et al., 1998).

Elementos de estrutura populacional, como as de tamanho têm sido utilizadas com o intuito de classificar as espécies em grupos ecológicos, onde o tipo “J-invertido” comumente registrado, expressa populações que apresentam muitos indivíduos nas menores classes de tamanho e poucos indivíduos nas classes superiores (Barbour et al., 1987). Esta é interpretada como indicadora de estabilidade ou de incremento da população, bem como de capacidade de autorregeneração e reprodução (Barbour et al., 1987; Silva Júnior & Silva, 1988).

Além de analisar a manutenção das populações em seu ambiente, estudos demográficos permitem ainda verificar a efetividade das metodologias em uso (Degen et al., 2006; Wadt et al., 2008; Sebbenn et al., 2008; Mariot et al., 2014). As informações obtidas a partir desses

estudos têm sido amplamente utilizadas na elaboração de propostas e estabelecimento de práticas de manejo sustentável e de conservação de espécies (vide Reis et al., 2003; Oostermeijer et al., 2003; Mariot et al., 2007; Steenbock et al., 2011; Filippon et al., 2011; Milanese et al., 2013). Especialmente para plantas de uso medicinal da Mata Atlântica, podem ser destacados aqueles conduzidos com *Piper cernuum* Vell. (Mariot et al., 2000; 2007), *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek (Steenbock & Reis, 2004; Steenbock et al., 2004, a, b) e *Bromelia antiacantha* Bertol. (Duarte et al., 2007; Filippon et al., 2012).

Alia-se a isto, o fato de que o entendimento da estrutura genética espacial dentro das populações pode demonstrar como os genótipos estão distribuídos, resultado pela ação de fatores como a dispersão de pólen e sementes, da endogamia e da deriva genética local, que podem favorecer determinados genótipos (Hamrick, 1983; Epperson, 1992; Nason & Hamrick, 1997).

Para *V. curassavica*, não foram encontrados, até o momento, estudos envolvendo estrutura genética e dinâmica populacional, assim como são poucos também os estudos com espécies arbustivas de restinga. De modo geral, a dinâmica populacional de espécies arbustivas é muito menos conhecida do que a de grupos como de herbáceas e arbóreas, e emprega técnicas diferentes para a realização desses estudos (Crawley & May, 1987; Kyncl et al., 2006). Por exemplo, comparados às plantas herbáceas, os arbustos geralmente possuem vida mais longa para serem estudados por técnicas demográficas comuns às utilizadas com plantas herbáceas. Por outro lado, eles não têm troncos individuais, tornando técnicas dendrocronológicas normalmente utilizadas para identificar processos dinâmicos da população em espécies arbóreas muito mais difíceis de aplicar, tampouco informações sobre a idade de apenas um dos ramos é relevante se o interesse está na avaliação do indivíduo.

Diante deste contexto, este estudo teve por objetivo caracterizar aspectos da dinâmica populacional, avaliar o padrão intrapopulacional de distribuição espacial de indivíduos e de genótipos, bem como estimar a diversidade e estrutura genética populacional de *V. curassavica* e a relação destes com o ambiente de restinga, visando trazer subsídios para conservação da espécie e manutenção da biodiversidade nestes ambientes.

1.3. MATERIAL E MÉTODOS

1.3.1. CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA POPULACIONAL E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL

O estudo foi conduzido na restinga da Joaquina - Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, em Florianópolis/SC. Foram realizadas avaliações anuais durante três anos consecutivos, entre 2014 a 2016.

Para avaliar os aspectos da dinâmica populacional de *V. curassavica* foi implementada uma parcela permanente, delimitada em uma área amostral de dois hectares (100 m x 200 m), subdividida em 200 subparcelas de 10 m x 10 m (Figura 4). Em cada vértice inferior esquerdo das mesmas foi colocada uma estaca de cano PVC de ½', contendo o número da subparcela.



Figura 4: Área amostral utilizada para o levantamento dos dados demográficos de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae), restinga da Joaquina - Florianópolis/SC.

Todos os indivíduos presentes dentro da parcela foram amostrados e localizados com coordenadas espaciais x e y. Devido ao padrão densamente ramificado da espécie e ao soterramento parcial aos quais os ramos estão sujeitos, para este estudo foi considerado um indivíduo aquele cujos ramos caulinares partiam de um eixo comum, visíveis acima da linha do solo (Figura 5). Ramos distantes ou sem

conexão aparente com um eixo comum caracterizaram um novo indivíduo, que foi etiquetado com placas de alumínio contendo o número da planta e da subparcela.

Para avaliar o crescimento das plantas, a cada ano foram tomadas as medidas de altura de todos os indivíduos, e medidos o diâmetro à altura do solo (DAS) de 30 indivíduos representativos das classes de altura amostradas. A presença de estrutura reprodutiva foi registrada com o intuito de identificar estádios de desenvolvimento.



Figura 5: No detalhe, eixo comum de onde parte a maioria da ramificação caulinar de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae), considerado para a definição de indivíduo.

A fim de verificar se a distribuição da espécie está correlacionada com a heterogeneidade ambiental foi avaliado o grau de cobertura vegetal, caracterizada a topografia e o tipo de ambiente.

O grau de cobertura vegetal foi quantificado segundo metodologia proposta por Fournier (1974), utilizando uma escala intervalar de zero a quatro, com amplitude de 25% entre cada intervalo (0= ausência; 1= 1-25%; 2= 26-50%; 3= 51-75%; 4= 76-100%). Cada subparcela foi dividida em quatro quadrantes, utilizando-se para tanto, uma cruzeta de madeira posicionada no ponto central da mesma. Uma nota foi atribuída a cada quadrante sendo utilizada a média destes como valor da subparcelas.

Para caracterização da topografia foi realizada leitura a cada 5 metros na área da parcela permanente com auxílio de trena laser. A partir do ângulo de visada em relação ao próximo ponto foi calculada altura do desnível. O ponto inicial de cada linha foi considerado como ponto zero (arbitrariamente), e depois os pontos foram conectados entre si por linha transversal.

O ambiente (Figura 6) foi classificado segundo o proposto por Guimarães (2006), em:

- Duna: móvel, semifixa e fixa.
- Baixada: seca, úmida e alagada.



Figura 6: Caracterização dos ambientes presentes na unidade amostral instalada na restinga da Joaquina para avaliação demográfica e espacial de *Varronia curassavica* Jacq. A) Duna móvel; B) duna semifixa; C) duna fixa; D) baixada seca; E) baixada úmida; F) baixada alagada.

1.3.2. CARACTERIZAÇÃO DA DIVERSIDADE E ESTRUTURA GENÉTICA

Para a caracterização genética da população e dos indivíduos nos diferentes ambientes da restinga foram coletadas amostras foliares dos indivíduos amostrados no levantamento demográfico. A extração do DNA genômico foliar foi realizada com o kit Nucleospin Plant II (250) (MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. KG), de acordo com instruções dos fabricantes.

A genotipagem foi realizada por meio da amplificação de DNA via Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), utilizando-se oito *loci* microssatélites polimórficos desenvolvidos para a espécie por Figueira et al. (2010) (Tabela 2). Para amplificação dos *loci* foi utilizado DNA diluído na proporção 9:1 e utilizado Kit PCR KAPA (KAPA Biosystems), com volume de 10 μ L por reação. O conjunto de ciclos e temperaturas utilizados foram 95 °C por 3 min para desnaturação, seguido de 30 ciclos, sendo cada ciclo composto por três fases: a primeira com 95 °C por 30 s, a segunda com a T de 61 °C s por 30 s e a terceira com 72 °C por 30 s para extensão, com extensão final a 72 °C por 30 min. Os *primers* foram marcados com fluorocromo FAM (azul),

PET (vermelho), NED (amarelo) e VIC (verde) para os oito loci microssatélites (Tabela 2) formando 2 sistemas multiplex, com 4 *primers* por corrida. A eletroforese por capilar foi realizada a partir de 1µL do produto de PCR diluído em água ultra pura (15:2 µL) e adicionados 0,25 µL de GS600 LIZ® e 8,75 µL de formamida HIDI™. A leitura dos alelos foi realizada em sistema de detecção por fluorescência em sequenciador ABI 3500XL (Applied Biosystems), com 24 capilares. O software Gene Mapper v.3.2 (Applied Biosystems) foi utilizado para a interpretação dos picos gerados nos eletroferogramas.

Tabela 2: *Loci* microssatélites empregados na genotipagem de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae), com os motivos de repetição e a sequência dos *primers* desenvolvido por Figueira et al. (2010), marcados com as fluorescência NED (amarelo), VIC (verde), PET (vermelho) e FAM (azul), em combinação multiplex.

| Combinação | Locus | Motivo | Sequencia (5' - 3') | Fluor | T _a (°C) |
|-------------|-------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------|---------------------|
| Multiplex 1 | MCvCIRCPQ14 | (TG) ₁₃ | F:CTTGTAGCTGCCACTTCCT R:GAATAATGCACAACGAGTCA | NED | 61 |
| | MCvCIRCPQ3 | (AC) ₁₀ (AAAATT) ₃ | F:ATTAGGCGTTTGGTGCTAC R:GCAGCGTATTTTAGCAGAGA | VIC | 61 |
| | MCvCIRCPQ8 | (AC) ₉ | F:CCAACCTGTCCGGTAATACACTT R:TCTTCCTGACGTTTTCTCAT | PET | 61 |
| | MCvCIRCPQ6 | (CA) ₈ | F:TACTAGCACCGTTGAATAGG R:TAGGGACCGTAAAAGACAT | FAM | 61 |
| Multiplex 2 | MCvCIRCPQ11 | (TC) ₈ (AC) ₁₆ | F:ATTGCCCTTAGCCGGTAG R:CGAATGTGAATTGCGAGTT | VIC | 61 |
| | MCvCIRCPQ7 | (TG) ₉ | F:GGCAACAATAAGGTTAGAGC R:TCACACTCTCATGTTTACGC | PET | 61 |
| | MCvCIRCPQ16 | (CA) ₈ | F:CTCCTTCAGTGTTCAAAGG R:GGAAGAAGCTGATCTCTGTG | NED | 61 |
| | MCvCIRCPQ15 | (TG) ₈ | F:TTTAGGAACATCTCCTTAGTGG R:TGGCTCCCATATATTTC | FAM | 61 |

Fluor = fluorescência

1.3.3. ANÁLISE DOS DADOS DEMOGRÁFICOS

Para análise dos dados obtidos foram utilizadas estatísticas descritivas (média e desvio padrão) e apresentadas em gráficos e tabelas. Foram calculados o número total de indivíduos (em fase reprodutiva e vegetativa) por hectare, média das alturas e diâmetro médio a altura do solo.

A taxa de crescimento foi calculada considerando-se o número de indivíduos na população, somando-se os ingressantes e subtraindo-se os indivíduos mortos e não encontrados.

Para os indivíduos com mais de uma ramificação, o DAS foi calculado a partir do somatório das áreas basais (AB) dos ramos:

$$\begin{aligned} ST_r &= DAS^2 * \pi / 40.000 \\ ST_t &= \sum ST_r \\ DAS_r &= \sqrt{(ST_t * 40.000 / \pi)} \end{aligned}$$

onde: ST_r = secção transversal do ramo
 DAS = diâmetro do ramo à altura do solo
 DAS_r = diâmetro real à altura do solo
 ST_t = secção transversal total do indivíduo
 $\pi = 3,1416$

Os valores de altura e diâmetro à altura do solo foram confrontados por meio de gráfico de dispersão, e o grau de associação entre as variáveis foi estimado pelo coeficiente de correlação de Spearman.

Para o estudo da distribuição espacial, cada parcela recebeu uma descrição da posição espacial por meio das coordenadas cartesianas (X e Y), mapeadas a partir da primeira parcela amostrada. Os dados foram plotados em mapa de distribuição utilizando o Programa Sigma Plot^{RM}.

O padrão de distribuição espacial foi calculado por meio da Função K de Ripley (1977), com auxílio do Programa Computacional Past v 2.17 (Hammer et al., 2001). Os valores obtidos de K (h) foram transformados pela da função L (d), para melhor interpretação dos dados. Os desvios em relação à Completa Aleatoriedade Espacial (CAE) foram testados por meio de envelopes de confiança ($p < 0,001$) construídos a partir de 1000 simulações de Monte Carlo.

Para avaliar a existência de associação entre a presença de indivíduos da espécie e as características ambientais como cobertura vegetal e topografia foi utilizada correlação de Spermann obtida com auxílio do Programa Computacional Past v 2.17 (Hammer et al., 2001). Para a cobertura vegetal, o número de indivíduos amostrados em cada parcela foi correlacionado com a média do percentual de cobertura obtido por subparcela. Para a topografia, a correlação foi feita a partir do ângulo e dos indivíduos presentes em subparcelas divididas em 5m x 5m visando aumentar a precisão dos dados. Com relação ao tipo de ambiente, por se tratar de dados qualitativos, a existência de relação

entre estes foi verificada por meio da comparação de frequência nos diferentes ambientes e por meio de intervalo de confiança ($p < 0,05$). Em parcelas que apresentaram zonas de transição foi considerado o ambiente predominante.

Também foi verificada a existência de possíveis diferenças no crescimento da espécie (altura e diâmetro) nos diferentes ambientes presentes na área. Para tanto foram consideradas as diferenças médias do incremento e, as diferenças entre estas, testadas a partir de intervalo de confiança ($p < 0,05$.)

1.3.4. ANÁLISE DOS DADOS GENÉTICOS

1.3.4.1. Diversidade e Estrutura Genética

Para verificar possíveis diferenças genéticas entre os indivíduos encontrados nos diferentes tipos de ambientes presentes na restinga foram estimados para cada ambiente, os níveis de diversidade genética a partir da riqueza alélica, que representa o número de alelos por *locus* (A); riqueza alélica dentro do indivíduo (A_i); a riqueza genotípica, que mede o número de genótipos com quatro alelos por *locus* (G); a heterozigosidade observada (\hat{H}_O) e esperada (\hat{H}_E), e o índice de fixação \hat{F} para todos os *loci*, calculado como $1 - (\hat{H}_O / \hat{H}_E)$. Para cada *locus* os desvios do equilíbrio de Hardy-Weinberg (EHW) foram testados por meio do teste qui-quadrado (χ^2). Os parâmetros de diversidade genética foram calculados com o auxílio do programa computacional Autotet (Thrall & Young 2000), específico para organismos poliploides e que calcula a heterozigosidade observada por meio da ponderação de cinco diferentes classes de possíveis genótipos por *locus* inversamente a probabilidade de quaisquer dois alelos serem idênticos por descendência; a heterozigosidade esperada e índice de fixação foram calculados com base na segregação cromossômica aleatória (Li 1955).

A partição da diversidade genética dentro e entre os ambientes foi calculada por meio das estatísticas de diversidade gênica de Nei (1973), utilizados os parâmetros H_T - diversidade genica total; H_S - diversidade gênica média dentro dos ambientes; D_{ST} - diversidade genética entre ambientes e G_{ST} - proporção da diversidade genética total entre os ambientes, com auxílio do software DISPAN (Ota 1993).

1.3.4.2. Distribuição Genética Espacial

A distribuição espacial dos genótipos da população Joaquina foi calculada por meio da estimativa do coeficiente de coancestria entre pares de indivíduos (θ_{xy}), usando o estimador proposto por Loiselle et al. (1995) e obtidos com auxílio do programa SPAGEDI 1.4 (Hardy & Vekemans, 2003). O coeficiente θ_{xy} mede a extensão da similaridade entre os indivíduos x e y , relativo à similaridade genética média entre dois indivíduos aleatórios da amostra (Hardy & Vekemans, 2003). A significância estatística dos valores foi testada por permutação (1.000).

1.4. RESULTADOS

1.4.1. DINÂMICA POPULACIONAL

A dinâmica populacional de *V. curassavica* para os anos de 2014 a 2016 está representada na Figura 7. No primeiro ano de avaliação foram encontrados 425 indivíduos (213 ind. ha^{-1}), dos quais cerca de 10% (42 indivíduos) estavam em fase reprodutiva. De 2014 a 2016 ingressaram na população 125 indivíduos (63 ind. ha^{-1}), representando uma taxa de crescimento anual de 8%. Ao todo morreram 23 indivíduos (12 ind. ha^{-1}), e 74 (37 ind. ha^{-1}) não foram encontrados, totalizando 495 indivíduos (248 ind. ha^{-1}) como sobreviventes no último ano. Destes sobreviventes, 26% foram registrados em fase reprodutiva. Dos indivíduos que ingressaram, quatro não foram encontrados e três morreram. Dos ingressantes que morreram 75% estavam em áreas de alagamento. Após um ano de avaliação, não foram observadas estruturas reprodutivas para os ingressantes de 2015.

Considerando a frequência, no primeiro ano os indivíduos ocorreram em 28,5% (57) das 200 subparcelas (10m x 10m) avaliadas. No último ano, este número aumentou em 9,5%, passando a ocorrer em 38% (75) do total de subparcelas avaliadas.

Os indivíduos de *V. curassavica* apresentaram altura média de 0,57 m ($\pm 0,30$), sem alteração significativa entre os anos ($t = -0,89$; $p = 0,37$) (Tabela 3). O menor indivíduo amostrado apresentou 0,05 m e o maior alcançou 2,15 m de altura. Os ingressantes apresentaram altura entre 0,08 m e 1,32 m, com média de 0,49 m ($\pm 0,29$), e o maior crescimento foi de 0,74 m. Indivíduos reprodutivos apresentaram em média de 0,75 m ($\pm 0,31$) a 0,83 m ($\pm 0,33$) entre os anos de avaliação.

Estruturas reprodutivas, como botões florais foram registradas para indivíduos a partir de 0,12 m de altura.

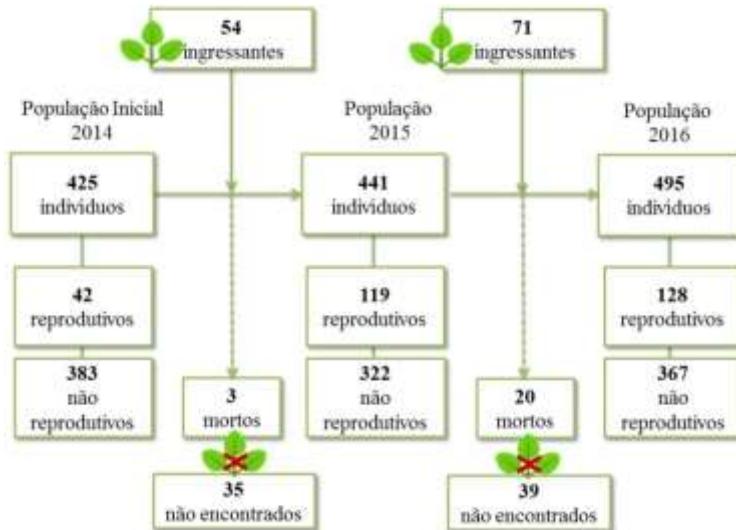


Figura 7: Dinâmica populacional de *Varronia curassavica* Jacq. entre os anos de 2014 e 2016, em unidade amostral de dois hectares de restinga na Joaquina - Florianópolis/SC.

Tabela 3: Alturas média, mínima e máxima por classes de indivíduos de *Varronia curassavica* Jacq., avaliados entre os anos de 2014 e 2016, população da restinga da Joaquina - Florianópolis/SC.

| Classes | Ano | Ingressantes | Não Repro. | Reprodutivos | Total /Média |
|--------------------|------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| Indivíduos | 2014 | - | 383 | 42 | 425 |
| | 2015 | 54 | 322 | 119 | 441 |
| | 2016 | 71 | 367 | 128 | 495 |
| Altura Média/S (m) | 2014 | - | 0,54 ± 0,27 | 0,83 ± 0,33 | 0,57 ± 0,29 |
| | 2015 | 0,57 ± 0,32 | 0,49 ± 0,23 | 0,75 ± 0,31 | 0,56 ± 0,30 |
| | 2016 | 0,41 ± 0,26 | 0,51 ± 0,28 | 0,78 ± 0,34 | 0,58 ± 0,32 |
| Altura Mínima (m) | 2014 | - | 0,05 | 0,39 | - |
| | 2015 | 0,08 | 0,06 | 0,12 | - |
| | 2016 | 0,10 | 0,08 | 0,22 | - |
| Altura Máxima (m) | 2014 | - | 1,85 | 1,70 | - |
| | 2015 | 0,98 | 1,31 | 2,15 | - |
| | 2016 | 1,32 | 1,80 | 1,78 | - |

A maior parte dos indivíduos de *V. curassavica* (67%) concentrou-se nas duas primeiras classes de altura reduzindo-se em número nas alturas maiores, apresentando curva com tendência ao “J-invertido” a partir dos 35 cm (Figura 8). Na figura 9 está demonstrada a diferença do incremento em altura por indivíduo amostrado entre os anos de avaliação. A diferença máxima de crescimento mensurada foi de 1,06 m. No entanto, várias medidas apresentaram valores negativos, sendo a maior delas de -0,92 m. A maioria, contudo, apresentou variação inferior a 50 cm.

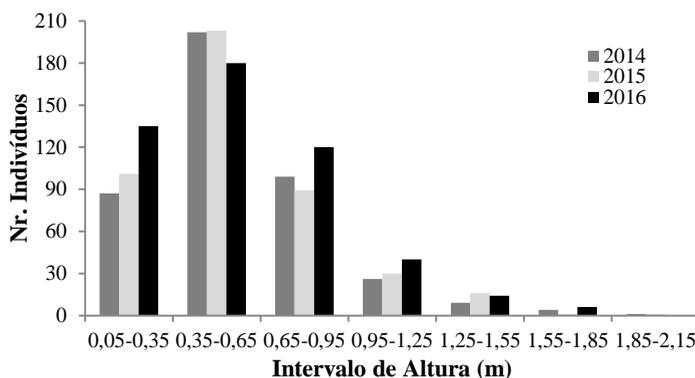


Figura 8: Distribuição dos indivíduos de *Varronia curassavica* Jacq. em intervalos de altura, resultado das avaliações de 2014 a 2016, restinga da Joaquina - Florianópolis/SC.

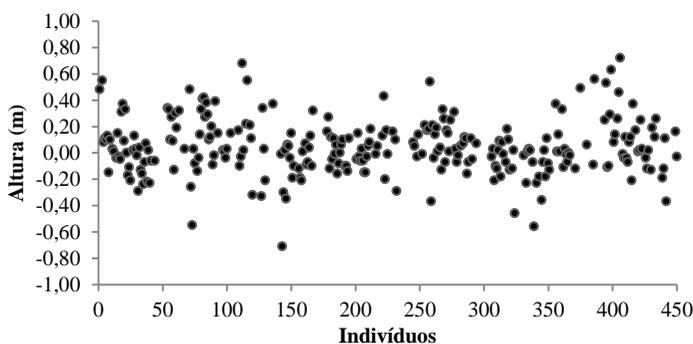


Figura 9: Diferença de crescimento em altura (m) dos indivíduos amostrados de *Varronia curassavica* Jacq. nos anos de 2014 e 2016, restinga da Joaquina - Florianópolis/SC.

Com relação ao diâmetro à altura do solo, dos trinta indivíduos mensurados, a média variou de 1,77 cm ($\pm 0,92$) no primeiro ano de avaliação a 2,75 cm ($\pm 1,97$) no último ano. Os valores máximo e mínimo de DAS foram de 9,11 cm e 0,6 cm, respectivamente. A espécie apresentou distribuição de frequência com número de indivíduos superior a 50% na primeira classe de diâmetro, com redução de indivíduos em relação ao aumento do diâmetro no primeiro ano de avaliação, apresentando curva próxima ao “J-invertido” (Figura 10). Tal padrão diferiu nos anos subsequentes, com deslocamento no número de indivíduos nas classes, devido ao incremento dos diâmetros. Na primeira avaliação foi registrada uma maior diluição de indivíduos nas três primeiras classes, com redução nas duas primeiras e aumento de indivíduos nas demais. Nos anos seguintes, com o incremento dos diâmetros houve ampliação das classes diamétricas, passando de quatro para oito classes.

Comparando o incremento diamétrico por indivíduo amostrado entre os anos de avaliação (Figura 11), cinco indivíduos apresentaram crescimento inferior a zero, sendo 2 cm a maior diferença negativa registrada. O maior aumento de diâmetro foi de 7,31 cm.

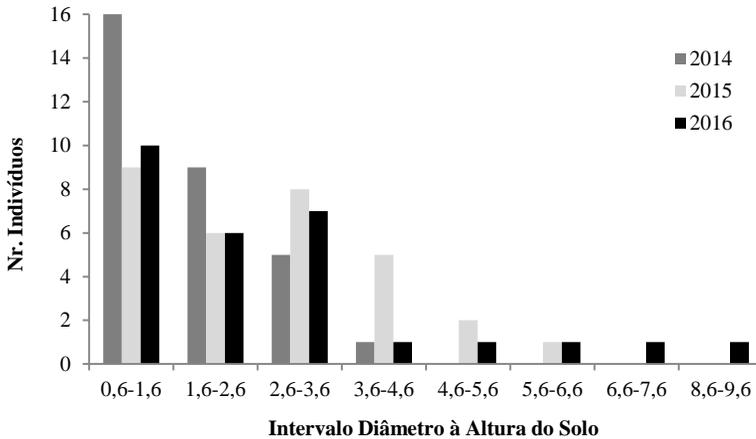


Figura 10: Distribuição dos indivíduos de *Varronia curassavica* Jacq. em intervalos de diâmetro à altura do solo (30 indivíduos), resultado das avaliações de 2014 a 2016, restinga da Joaquina - Florianópolis/SC.

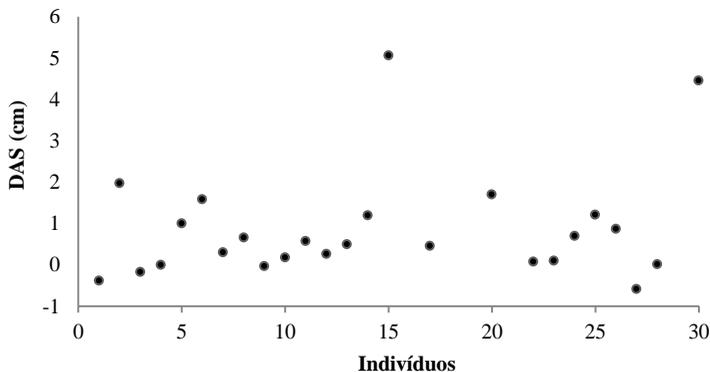


Figura 11: Diferença de crescimento em diâmetro à altura do solo (cm) dos indivíduos amostrados de *Varronia curassavica* Jacq. nos anos de 2014 a 2016, restinga da Joaquina - Florianópolis/SC.

Ao analisar a relação entre a estrutura vertical (altura) e horizontal (diâmetro) da população avaliada, não foi identificada correlação significativa entre os referidos parâmetros ($r = 0,2147$; $p = 0,255$) (Figura 12).

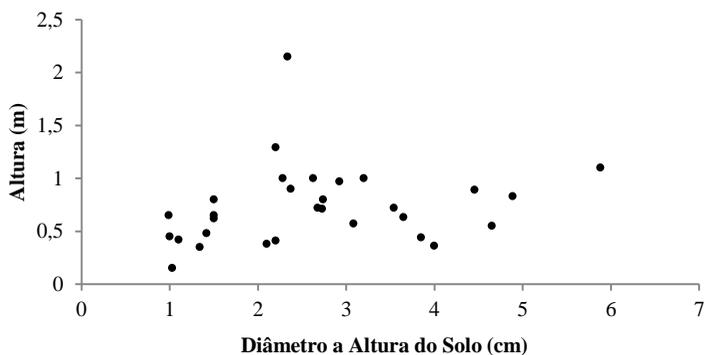


Figura 12: Dispersão de indivíduos de *Varronia curassavica* Jacq. considerando seus diâmetros e altura, da população avaliada em parcela permanente na restinga da Joaquina - Florianópolis/SC.

1.4.2. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL

A distribuição espacial da população de *V. curassavica* entre 2014 e 2106 pode ser visualizada na Figura 13. A espécie apresentou estrutura espacial agregada, com picos de intensidade na função $L(d)$, que determinam que as distâncias de agregação dos indivíduos avaliados foram constantes, e ocorreram a uma distância de ~40 m (Figura 13). Com relação à disposição na área, a maior concentração de indivíduos está localizada na menor distância do mar, diminuindo em número à medida que esta distância aumenta. Os indivíduos reprodutivos apresentaram o mesmo padrão e distância de agregação (Figura 13). Enquanto que para os ingressantes, a distância de agregação foi inferior a 40m, e, para mortos e não encontrados, o pico de intensidade de agregação foi próximo de 12m em 2015 e foi superior a 30m em 2016 (Figura 14).

Os valores obtidos por meio da análise de correlação entre a presença de indivíduos e as características ambientais como, topografia, cobertura vegetal demonstraram valores baixos de correlação, porém, significativos. O maior valor encontrado foi em relação à cobertura vegetal ($r = 0,26$; $p = 0,0003$), enquanto que para a topografia a correlação foi negativa ($r = -0,146$; $p = 2,21E-05$).

Na área analisada, a cobertura vegetal se distribui de forma heterogênea (Tabela 4). Cerca de 50% das subparcelas analisadas apresentaram, em média, 76-100% do solo com algum tipo de vegetação. Apenas 4% da área avaliada apresentaram valores entre 0 a 25% de vegetação. Nas demais, 18%, apresentaram 26 a 50% e 29% apresentaram 51 a 75% de área coberta. Com relação ao tipo de ambiente (Tabela 4), áreas de baixada seca foram registradas em 26% da parcela e predominaram em 10% das subparcelas que apresentaram zonas de transição entre ambientes distintos. Baixadas alagadas ocorreram em apenas quatro subparcelas. Em relação às dunas, as semifixas predominaram em 33% da área amostral, enquanto que àquelas totalmente cobertas por vegetação (fixas) ocorreram em apenas 11 subparcelas.

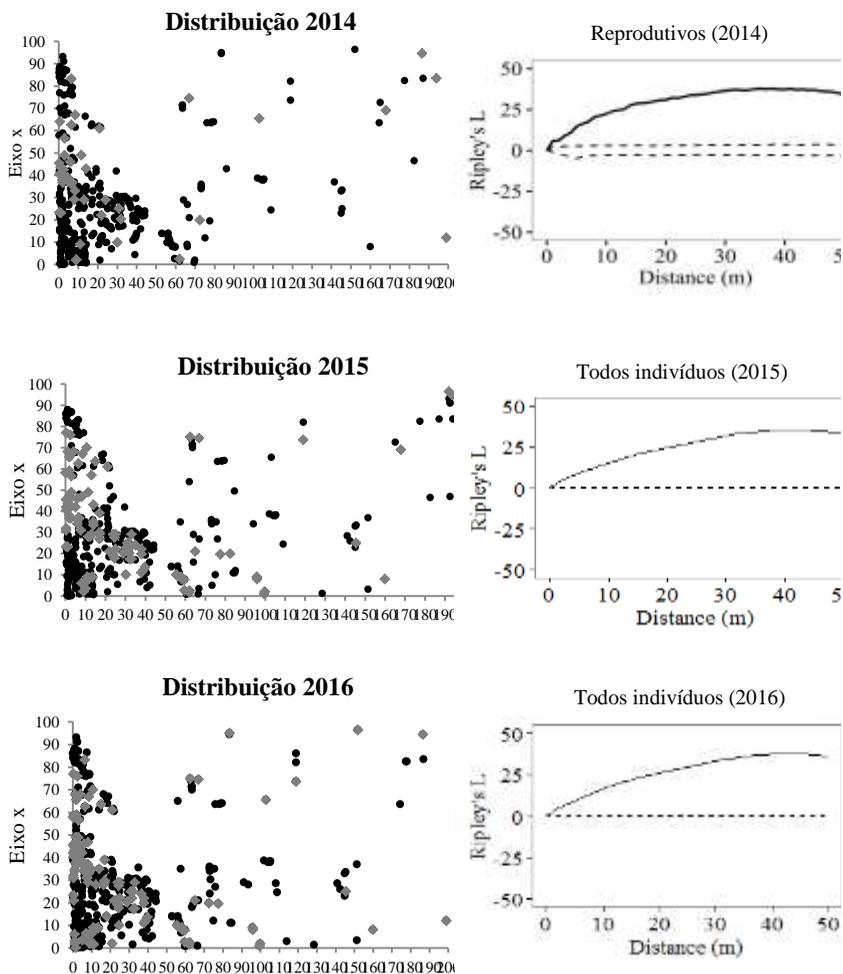


Figura 13: Distribuição espacial dos indivíduos de *Varronia curassavica* Jacq. entre os anos de 2014 e 2016 (indivíduos em fase vegetativa representados em preto, e em fase reprodutiva representados em cinza), amostrados na restinga da Joaquina, Florianópolis/SC (à esquerda) e análise do padrão espacial pela função K de Ripley (à direita). Intervalo de confiança representado pelas linhas pontilhadas.

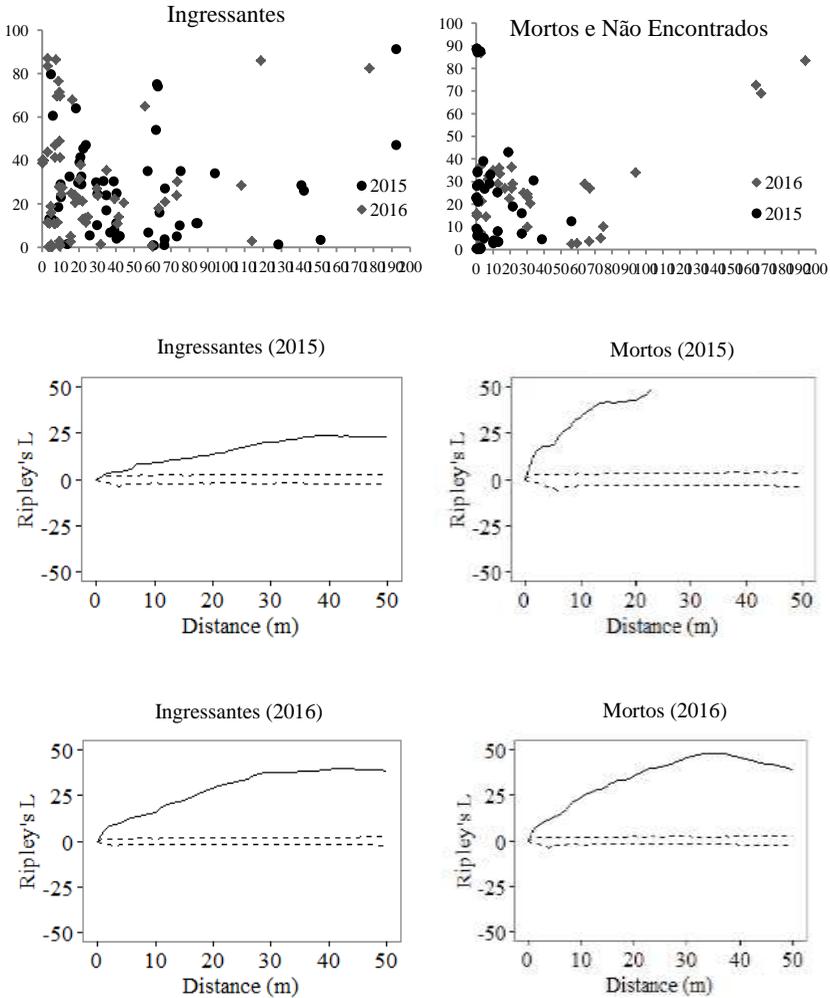


Figura 14: Distribuição espacial dos indivíduos ingressantes, mortos e não encontrados de *Varronia curassavica* Jacq. amostrados entre 2014 a 2016 na restinga da Joaquina, Florianópolis/SC (acima) e análise do padrão espacial pela função K de Ripley (abaixo). Intervalo de confiança representado pelas linhas pontilhadas.

Tabela 4: Cobertura vegetal e tipos de ambiente presentes nas subparcelas amostradas na avaliação de parâmetros demográficos de *Varronia curassavica* Jacq., restinga da Joaquina, Florianópolis/SC.

| Cobertura Vegetal | | Tipo de Ambiente | | | | | |
|-------------------|-----|------------------|-----|--------|----------|-----|--------|
| % Fournier | NºP | Baixada | NºP | NºP ZT | Duna | NºP | NºP ZT |
| <1 | 9 | Alagada | 3 | 1 | Móvel | 14 | 11 |
| 1-2 | 36 | Úmida | 10 | 14 | Semifixa | 42 | 24 |
| 2-3 | 58 | Seca | 51 | 19 | Fixa | 3 | 8 |
| 3-4 | 97 | - | - | - | - | - | - |

NºP = Número de subparcelas; NºPZT = Número de subparcelas em zona de transição.

O mapa topográfico da parcela permanente, obtido por meio das medições em campo está representado na Figura 15. Áreas de duna correspondem a 51% da parcela, enquanto que o restante da área (49%) é entremeado pelas zonas de baixada.

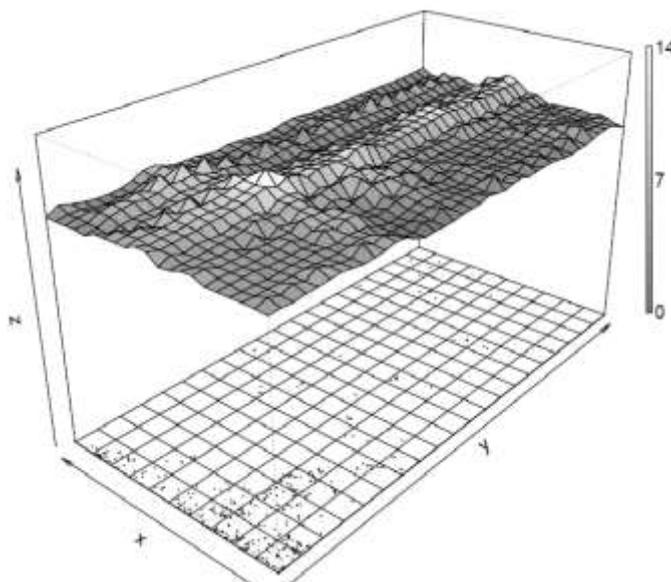


Figura 15: Mapa topográfico da parcela avaliada de 2 ha (100 m x 200 m) na área de estudo e distribuição espacial dos indivíduos amostrados de *Varronia curassavica* Jacq., na restinga da Joaquina, Florianópolis/SC. Onde: x varia entre 0 e 100 m e é o eixo mais próximo ao mar; y varia entre 0 e 200 m e; z representa a variação na elevação do terreno e varia de 0 a 14 m, considerados a partir de um plano arbitrário de referência.

Ao analisar a frequência da espécie nos diferentes tipos de ambiente foi possível identificar ambientes preferenciais de ocorrência, de ingresso e de mortalidade (Figuras 16, 17, 18). Dos indivíduos amostrados, 99% foram encontrados em baixadas secas (BS), dunas semifixas (DS) e em zonas de transição entre esses dois ambientes (ZTB - baixada; ZTD - duna) ($\chi^2 = 669,88$ (2014); 618,24 (2015); 805,40 (2016); GL=3 $p < 0,05$). Entre estes ambientes 77% dos indivíduos, em média, ocorrem em baixadas secas. Nas baixadas úmidas (BU) e alagadas (BA), assim como nas dunas móveis (DM) e fixas (DF) a ocorrência da espécie foi inferior a 1%. De igual modo, 94% dos indivíduos ingressaram, em média, nestes ambientes ($\chi^2 = 37,65$ (2015); 99,64 (2016); GL=3 $p < 0,05$), e destes, 66% ingressaram nas baixadas secas. O número de indivíduos mortos também foi maior nas baixadas secas no último ano avaliado ($\chi^2 = 3,67$; $p > 0,05$ (2015); 21,26 (2016); $p < 0,05$; GL=3). Destes, 68% foram registrados para as baixadas secas e 22% para dunas semifixas.

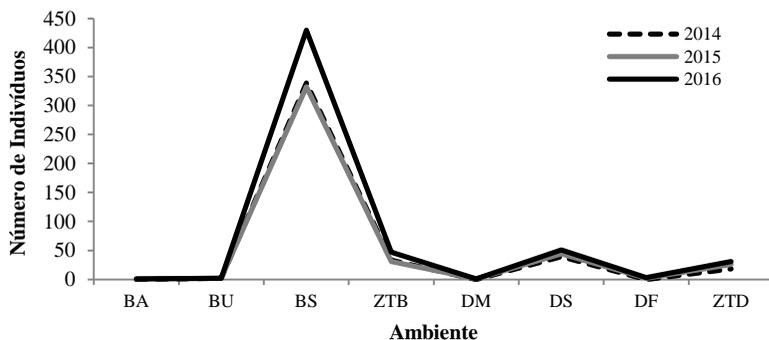


Figura 16: Frequência de indivíduos de *Varronia curassavica* Jacq. entre os anos de 2014 e 2016 nos diferentes ambientes da restinga da Joaquina/SC. BA = baixada alagada; BU = baixada úmida; BS = baixada seca; ZTB = zona de transição de baixada; DM = duna móvel; DS = duna semifixa; DF = duna fixa; ZTD = zona de transição de duna.

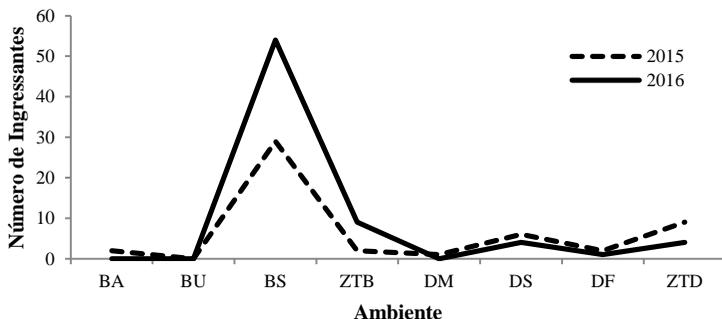


Figura 17: Frequência de indivíduos ingressantes de *Varronia curassavica* Jacq. nos diferentes ambientes da restinga da Joaquina/SC. BA = baixada alagada; BU = baixada úmida; BS = baixada seca; ZTB = zona de transição de baixada; DM = duna móvel; DS = duna semifixa; DF = duna fixa; ZTD = zona de transição de duna.

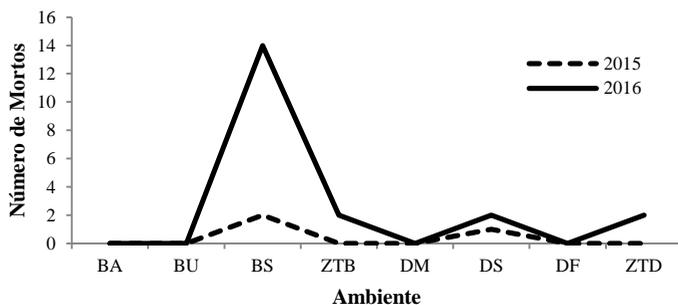


Figura 18: Frequência de indivíduos mortos de *Varronia curassavica* Jacq. nos diferentes ambientes da restinga da Joaquina/SC. BA = baixada alagada; BU = baixada úmida; BS = baixada seca; ZTB = zona de transição de baixada; DM = duna móvel; DS = duna semifixa; DF = duna fixa; ZTD = zona de transição de duna.

Em termos de incremento médio de diâmetro à altura do solo (DAS) e altura, os indivíduos também responderam com diferenças entre os ambientes. O incremento médio do DAS para o período foi significativamente diferente entre os ambientes de maior ocorrência da espécie. Nas zonas de transição de duna para baixada os indivíduos apresentaram incremento médio de 0,314 cm (IC = 0,28). Já nos ambientes de duna semifixa os valores foram negativos (-1,46 cm IC = 0,28), assim como nas baixadas secas e nas zonas de transição de baixada, onde o incremento foi similar (0,8 cm e 0,87 cm; IC = 0,28).

Com relação ao crescimento médio em altura, este foi maior nos ambientes de baixada seca e duna semifixa (0,05 cm; IC = 0,01).

1.4.3. DIVERSIDADE E ESTRUTURA GENÉTICA ENTRE AMBIENTES

Foram detectados 70 alelos em oito *loci* polimórficos na população de *V. curassavica*. O número médio de alelos por *locus* foi de 9,9, variando de 3 a 19 (Tabela 6).

As frequências alélicas foram heterogêneas entre os ambientes (Tabela 5). Alelos raros (frequência <0,005) foram detectados em todos os ambientes de maior ocorrência da espécie. Para a população, 41 % dos alelos ocorreram em frequência inferior a 5%. Esse valor se manteve para os indivíduos da baixada seca, mas nos outros ambientes os valores foram inferiores a 21%. Alelos exclusivos em relação a população foram encontrados apenas para o ambiente baixada seca (11 alelos em cinco *loci*).

Tabela 5: Frequência alélica em oito *loci* microssatélites de indivíduos de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae) na população Joaquina/SC, Brasil. Continua...

| Alelos | MCvCIRCPQ14 | | | | | Alelos | MCvCIRCPQ3 | | | | |
|----------------|-------------|--------------|----------|----------|----------|----------------|------------|--------------|----------|----------|----------|
| | JOA | BS | ZTB | DS | ZTD | | JOA | BS | ZTB | DS | ZTD |
| 82 | 0,017 | 0,019 | 0,051 | 0,239 | 0,000 | 106 | 0,044 | 0,033 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 86 | 0,127 | 0,018 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 108 | 0,073 | 0,076 | 0,061 | 0,080 | 0,088 |
| 88 | 0,096 | 0,105 | 0,059 | 0,065 | 0,031 | 110 | 0,044 | 0,053 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 90 | 0,024 | 0,019 | 0,051 | 0,043 | 0,062 | 112 | 0,006 | 0,006 | 0,000 | 0,043 | 0,000 |
| 92 | 0,052 | 0,054 | 0,263 | 0,036 | 0,277 | 114 | 0,096 | 0,093 | 0,140 | 0,101 | 0,103 |
| 94 | 0,151 | 0,145 | 0,110 | 0,188 | 0,154 | 116 | 0,035 | 0,036 | 0,053 | 0,043 | 0,074 |
| 96 | 0,231 | 0,229 | 0,280 | 0,130 | 0,169 | 118 | 0,006 | 0,018 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 98 | 0,144 | 0,133 | 0,136 | 0,159 | 0,169 | 120 | 0,192 | 0,188 | 0,281 | 0,203 | 0,162 |
| 100 | 0,036 | 0,034 | 0,034 | 0,051 | 0,062 | 122 | 0,072 | 0,077 | 0,079 | 0,058 | 0,074 |
| 102 | 0,064 | 0,067 | 0,017 | 0,058 | 0,077 | 124 | 0,114 | 0,114 | 0,088 | 0,138 | 0,147 |
| 104 | 0,056 | 0,031 | | 0,022 | | 126 | 0,122 | 0,121 | 0,132 | 0,123 | 0,162 |
| 106 | 0,002 | 0,146 | | 0,007 | | 128 | 0,064 | 0,059 | 0,053 | 0,101 | 0,103 |
| | | | | | | 130 | 0,031 | 0,014 | 0,079 | 0,022 | 0,074 |
| | | | | | | 132 | 0,010 | 0,011 | 0,026 | 0,007 | 0,000 |
| | | | | | | 134 | 0,006 | 0,007 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | | | | | 136 | 0,044 | 0,049 | 0,009 | 0,051 | 0,015 |
| | | | | | | 138 | 0,037 | 0,038 | | 0,029 | |
| | | | | | | 150 | 0,004 | 0,005 | | | |
| Raros | 4 | 5 | 2 | 4 | 1 | Raros | 11 | 10 | 2 | 5 | 1 |
| Exclus. | - | 1 | - | - | - | Exclus. | - | 4 | - | - | - |

Tabela 6: Frequência alélica em oito *loci* microssatélites de indivíduos de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae) na população Joaquina/SC, Brasil. Continuação

| MCvCIRCPQ8 | | | | | | MCvCIRCPQ6 | | | | | |
|----------------|----------|--------------|----------|----------|----------|----------------|----------|--------------|----------|----------|-------|
| Alelos | JOA | BS | ZTB | DS | ZTD | Alelos | JOA | BS | ZTB | DS | ZTD |
| 122 | 0,095 | 0,100 | 0,108 | 0,137 | 0,000 | 194 | 0,091 | 0,104 | 0,170 | 0,115 | 0,181 |
| 124 | 0,825 | 0,820 | 0,846 | 0,750 | 0,941 | 196 | 0,341 | 0,331 | 0,349 | 0,490 | 0,208 |
| 126 | 0,008 | 0,011 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 198 | 0,358 | 0,352 | 0,330 | 0,260 | 0,361 |
| 128 | 0,071 | 0,070 | 0,046 | 0,113 | 0,059 | 200 | 0,157 | 0,150 | 0,151 | 0,135 | 0,167 |
| | | | | | | 202 | 0,053 | 0,063 | 0,000 | 0,000 | 0,083 |
| Raros | 1 | 1 | 1 | - | - | Raros | - | - | - | - | - |
| Exclus. | - | 1 | - | - | - | Exclus. | - | - | - | - | - |
| MCvCIRCPQ11 | | | | | | MCvCIRCPQ16 | | | | | |
| Alelos | JOA | BS | ZTB | DS | ZTD | Alelos | JOA | BS | ZTB | DS | ZTD |
| 84 | 0,072 | 0,071 | 0,081 | 0,061 | 0,068 | 136 | 0,015 | 0,018 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 86 | 0,158 | 0,160 | 0,122 | 0,114 | 0,149 | 138 | 0,043 | 0,050 | 0,070 | 0,046 | 0,000 |
| 88 | 0,106 | 0,109 | 0,041 | 0,106 | 0,068 | 140 | 0,073 | 0,073 | 0,070 | 0,046 | 0,152 |
| 92 | 0,014 | 0,013 | 0,008 | 0,030 | 0,068 | 142 | 0,009 | 0,012 | 0,000 | 0,099 | 0,000 |
| 94 | 0,024 | 0,028 | 0,000 | 0,045 | 0,027 | 146 | 0,039 | 0,027 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 96 | 0,061 | 0,060 | 0,033 | 0,068 | 0,149 | 148 | 0,022 | 0,027 | 0,104 | 0,046 | 0,000 |
| 100 | 0,015 | 0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 150 | 0,006 | 0,005 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 102 | 0,020 | 0,019 | 0,024 | 0,000 | 0,095 | 156 | 0,089 | 0,089 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 104 | 0,071 | 0,065 | 0,081 | 0,053 | 0,122 | 168 | 0,020 | 0,045 | 0,017 | 0,076 | 0,000 |
| | | | | | | 170 | 0,167 | 0,155 | 0,217 | 0,191 | 0,273 |
| | | | | | | 172 | 0,133 | 0,134 | 0,139 | 0,137 | 0,167 |
| | | | | | | 174 | 0,012 | 0,015 | 0,009 | 0,000 | 0,000 |
| | | | | | | 176 | 0,149 | 0,151 | 0,191 | 0,160 | 0,121 |
| | | | | | | 178 | 0,180 | 0,184 | 0,165 | 0,183 | 0,167 |
| | | | | | | 184 | 0,042 | 0,016 | 0,017 | 0,015 | 0,121 |
| Raros | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | Raros | 9 | 8 | 3 | 4 | - |
| Exclus. | - | 1 | - | - | - | Exclus. | - | 4 | - | - | - |
| MCvCIRCPQ7 | | | | | | MCvCIRCPQ15 | | | | | |
| Alelos | JOA | BS | ZTB | DS | ZTD | Alelos | JOA | BS | ZTB | DS | ZTD |
| 168 | 0,109 | 0,119 | 0,091 | 0,237 | 0,040 | 196 | 0,222 | 0,228 | 0,155 | 0,250 | 0,300 |
| 170 | 0,604 | 0,610 | 0,545 | 0,423 | 0,680 | 198 | 0,238 | 0,217 | 0,436 | 0,216 | 0,257 |
| 172 | 0,287 | 0,270 | 0,364 | 0,340 | 0,280 | 200 | 0,539 | 0,555 | 0,409 | 0,534 | 0,443 |
| Raros | - | - | - | - | 1 | Raros | - | - | - | - | - |
| Exclus. | - | - | - | - | - | Exclus. | - | - | - | - | - |

JOA = Joaquina. BS = Baixada seca; ZTB = Zona de transição de baixada; DS = Duna semifixa; ZTD – zona de transição de duna; Excl. = alelo exclusivo em relação a população (em negrito).

A heterozigiosidade média observada na população (\hat{H}_O) foi de 0,711, e a heterozigiosidade média esperada (\hat{H}_E) foi de 0,716, variando de 0,305 até 0,914 nos oito *loci* avaliados (Tabela 6). O índice de fixação (\hat{F}) foi significativamente diferente de zero em sete dos oito *loci* avaliados ($P < 0,001$), sugerindo desvios do EHW. O índice de fixação médio da população, no entanto, apesar de positivo foi baixo e não diferente de zero (0,01). A riqueza alélica (A) variou de 3 a 19 alelos por *locus*, enquanto que o número médio de alelos por indivíduo/*loci* (A_i) variou de 1,5 a 3,76.

Nos diferentes ambientes, a heterozigiosidade média observada (\hat{H}_O) variou de 0,703 a 0,737 e a esperada (\hat{H}_E), de 0,765 a 0,730 (Tabelas 7, 8, 9, 10). A maior riqueza alélica média foi encontrada nos ambientes de baixada seca. Entre os ambientes estes valores variaram de 6 a 9,9 e o número médio de alelos por indivíduo/*loci* (A_i) foi de 2,90 a 2,98. Os índices de fixação (\hat{F}) apresentaram diferenças. O valor encontrado para os ambientes de baixada seca foram semelhantes ao valor da população. No entanto, para as demais áreas os valores foram todos negativos e significativos. A variação observada neste índice foi de 0,012 a -0,054.

Tabela 7: Variação genética em oito *loci* microsatélites de *Varronia curassavica* Jacq., da população Joaquina- Florianópolis/SC- Brasil.

| <i>Locus</i> | <i>N</i> | <i>A</i> | <i>A_i</i> | <i>G</i> | <i>H_O</i> | <i>H_E</i> | \hat{F} |
|--------------|----------|----------|----------------------|----------|----------------------|----------------------|-----------|
| Cv14 | 398 | 12 | 3,30 | 102 | 0,853 | 0,866 | 0,02* |
| Cv03 | 398 | 18 | 3,83 | 157 | 0,966 | 0,902 | -0,07* |
| Cv08 | 400 | 4 | 1,50 | 8 | 0,210 | 0,305 | 0,31* |
| Cv06 | 398 | 5 | 2,67 | 21 | 0,660 | 0,720 | 0,08 |
| Cv11 | 390 | 19 | 3,46 | 192 | 0,876 | 0,914 | 0,04* |
| Cv07 | 395 | 3 | 2,73 | 9 | 0,679 | 0,541 | -0,26* |
| Cv16 | 393 | 15 | 3,76 | 104 | 0,951 | 0,880 | -0,08* |
| Cv15 | 395 | 3 | 2,19 | 6 | 0,497 | 0,603 | 0,18* |
| Média | 396 | 9,9 | 2,9 | 74,9 | 0,711 | 0,716 | 0,01 |
| DP | 3,3 | 6,9 | 0,8 | 74,2 | 0,259 | 0,219 | 0,09 |

N = número de indivíduos; *A* = riqueza alélica; *A_i* = riqueza alélica dentro do indivíduo; *G* = número médio de indivíduos com quatro alelos distintos; \hat{H}_O = heterozigiosidade observada; \hat{H}_E = heterozigiosidade esperada; \hat{F} = índice de fixação. $P < 0,001^*$

Tabela 8: Variação genética em oito *loci* microssatélites de *Varronia curassavica* Jacq., em ambiente de baixada seca, da população Joaquina-Florianópolis/SC- Brasil.

| <i>Locus</i> | <i>N</i> | <i>A</i> | <i>Ai</i> | <i>G</i> | <i>Ho</i> | <i>He</i> | \hat{F} |
|--------------|----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Cv14 | 306 | 12 | 3,34 | 88 | 0,861 | 0,866 | 0,006* |
| Cv03 | 306 | 18 | 3,843 | 134 | 0,971 | 0,903 | -0,075* |
| Cv08 | 308 | 4 | 1,494 | 7 | 0,206 | 0,313 | 0,342* |
| Cv06 | 306 | 5 | 2,67 | 21 | 0,661 | 0,729 | 0,094 |
| Cv11 | 303 | 19 | 3,419 | 157 | 0,865 | 0,916 | 0,055* |
| Cv07 | 307 | 3 | 2,7 | 8 | 0,664 | 0,54 | -0,23* |
| Cv16 | 305 | 15 | 3,751 | 89 | 0,949 | 0,881 | -0,077* |
| Cv15 | 307 | 3 | 2,189 | 6 | 0,496 | 0,593 | 0,164* |
| Média | 306 | 9,88 | 2,93 | 63,75 | 0,709 | 0,718 | 0,012 |
| DP | 1,5 | 6,90 | 0,82 | 61,35 | 0,261 | 0,218 | 0,086 |

N = número de indivíduos; *A* = riqueza alélica; *Ai* = riqueza alélica dentro do indivíduo; *G* = número médio de indivíduos com quatro alelos distintos; \hat{H}_O = heterozigosidade observada; \hat{H}_E = heterozigosidade esperada; \hat{F} = índice de fixação. $P < 0,001^*$

Tabela 9: Variação genética em oito *loci* microssatélites de *Varronia curassavica* Jacq., em ambiente de zona de transição de baixada seca, da população Joaquina- Florianópolis/SC- Brasil.

| <i>Locus</i> | <i>N</i> | <i>A</i> | <i>Ai</i> | <i>G</i> | <i>Ho</i> | <i>He</i> | \hat{F} |
|--------------|----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Cv14 | 33 | 9 | 3,24 | 18 | 0,843 | 0,812 | -0,039* |
| Cv03 | 33 | 11 | 3,64 | 25 | 0,909 | 0,854 | -0,065* |
| Cv08 | 33 | 3 | 1,36 | 3 | 0,152 | 0,270 | 0,439* |
| Cv06 | 33 | 4 | 2,64 | 10 | 0,636 | 0,718 | 0,113* |
| Cv11 | 31 | 15 | 3,61 | 26 | 0,903 | 0,907 | 0,004* |
| Cv07 | 32 | 3 | 2,91 | 5 | 0,771 | 0,562 | -0,372* |
| Cv16 | 32 | 10 | 3,78 | 22 | 0,964 | 0,848 | -0,136* |
| Cv15 | 32 | 3 | 2,06 | 4 | 0,443 | 0,618 | 0,284* |
| Média | 32,38 | 7,25 | 2,91 | 14,13 | 0,703 | 0,699 | -0,006* |
| DP | 0,7 | 4,62 | 0,85 | 9,73 | 0,281 | 0,211 | 0,127 |

N = número de indivíduos; *A* = riqueza alélica; *Ai* = riqueza alélica dentro do indivíduo; *G* = número médio de indivíduos com quatro alelos distintos; \hat{H}_O = heterozigosidade observada; \hat{H}_E = heterozigosidade esperada; \hat{F} = índice de fixação. $P < 0,001^*$

Tabela 10: Variação genética em oito *loci* microsatélites de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae), em ambiente de duna semifixa, da população Joaquina- Florianópolis/SC- Brasil.

| <i>Locus</i> | <i>N</i> | <i>A</i> | <i>Ai</i> | <i>G</i> | <i>Ho</i> | <i>He</i> | \hat{F} |
|--------------|----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Cv14 | 36 | 11 | 3,19 | 25 | 0,824 | 0,851 | 0,032* |
| Cv03 | 36 | 13 | 3,83 | 25 | 0,972 | 0,887 | -0,096* |
| Cv08 | 36 | 3 | 1,75 | 4 | 0,315 | 0,406 | 0,225* |
| Cv06 | 36 | 4 | 2,53 | 12 | 0,616 | 0,661 | 0,068* |
| Cv11 | 33 | 16 | 3,58 | 26 | 0,914 | 0,917 | 0,003** |
| Cv07 | 33 | 3 | 2,91 | 4 | 0,758 | 0,649 | -0,167* |
| Cv16 | 33 | 10 | 3,73 | 19 | 0,939 | 0,863 | -0,088* |
| Cv15 | 33 | 3 | 2,33 | 4 | 0,556 | 0,605 | 0,082* |
| Média | 34,5 | 7,88 | 2,98 | 14,88 | 0,737 | 0,730 | -0,009* |
| DP | 1,60 | 5,25 | 0,74 | 10,06 | 0,227 | 0,179 | 0,074 |

N = número de indivíduos; *A* = riqueza alélica; *Ai* = riqueza alélica dentro do indivíduo; *G* = número médio de indivíduos com quatro alelos distintos; \hat{H}_O = heterozigiosidade observada; \hat{H}_E = heterozigiosidade esperada; \hat{F} = índice de fixação. $P < 0,001^*$; $P < 0,005^{**}$

Tabela 11: Variação genética em oito *loci* microsatélites de *Varronia curassavica* Jacq., em ambiente de zona de transição de duna, da população Joaquina- Florianópolis/SC- Brasil.

| <i>Locus</i> | <i>N</i> | <i>A</i> | <i>Ai</i> | <i>G</i> | <i>Ho</i> | <i>He</i> | \hat{F} |
|--------------|----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Cv14 | 19 | 8 | 3 | 13 | 0,781 | 0,828 | 0,057**** |
| Cv03 | 19 | 10 | 4 | 14 | 0,974 | 0,881 | -0,106* |
| Cv08 | 19 | 2 | 1 | 2 | 0,175 | 0,111 | -0,584*** |
| Cv06 | 19 | 5 | 3 | 9 | 0,737 | 0,759 | 0,029** |
| Cv11 | 19 | 13 | 4 | 15 | 0,93 | 0,9 | -0,034*** |
| Cv07 | 19 | 3 | 3 | 3 | 0,632 | 0,458 | -0,38* |
| Cv16 | 19 | 6 | 4 | 13 | 0,982 | 0,818 | -0,201* |
| Cv15 | 19 | 3 | 2,16 | 5 | 0,482 | 0,648 | 0,255* |
| Média | 19 | 6 | 2,92 | 9 | 0,712 | 0,675 | -0,054* |
| DP | 0 | 3,85 | 0,86 | 5,26 | 0,278 | 0,27 | 0,114 |

N = número de indivíduos; *A* = riqueza alélica; *Ai* = riqueza alélica dentro do indivíduo; *G* = número médio de indivíduos com quatro alelos distintos; \hat{H}_O = heterozigiosidade observada; \hat{H}_E = heterozigiosidade esperada; \hat{F} = índice de fixação. $P < 0,025^{****}$; $P > 0,05^{***}$; $P < 0,005^{**}$ $P < 0,001^*$

A estrutura genética demonstrou que a maior parte da diversidade encontra-se dentro da população ($H_S = 0,705$) do que entre os diferentes ambientes ($D_{ST} = 0,015$) (Tabela 11). Em relação à divergência interpopulacional (G_{ST}), em torno de 2% da variação alélica encontrada não é compartilhada entre os diferentes ambientes da restinga. Quando analisada a estrutura entre ambientes, os valores encontrados foram próximos variando entre 0,009 a 0,015. Para dunas semifixas e zona de transição de dunas, entretanto, a divergência foi superior às demais ($G_{ST} 0,021$) evidenciando uma tendência à maior divergência entre dunas.

Tabela 12: Estatísticas de diversidade genética de Nei (1973) de oito *loci* microssatélites para *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae), população Joaquina/SC- Brasil e entre os diferentes ambientes da restinga.

| Ambiente | H_T | H_S | D_{ST} | G_{ST} |
|-----------|-------|-------|----------|----------|
| População | 0,720 | 0,705 | 0,015 | 0,020 |
| BS x DS | 0,731 | 0,723 | 0,008 | 0,009 |
| BS x ZTB | 0,716 | 0,708 | 0,008 | 0,011 |
| BS x ZTD | 0,705 | 0,696 | 0,008 | 0,012 |
| ZTB x DS | 0,725 | 0,714 | 0,011 | 0,015 |
| ZTB X ZTD | 0,696 | 0,687 | 0,009 | 0,012 |
| ZTD X DS | 0,718 | 0,703 | 0,015 | 0,021 |

BS = Baixada seca; ZTB = Zona de transição de baixada; DS = Duna semifixa; ZTD = Zona de transição de duna.

1.4.4. ESTRUTURA GENÉTICA ESPACIAL

A população avaliada não apresentou estrutura genética espacial significativa de acordo com o coeficiente de coancestria para as classes de distância avaliadas, o que sugere que os genótipos estão distribuídos aleatoriamente na área (Figura 19). Quando analisados os diferentes ambientes tal padrão se manteve, não apresentando variação entre estes.

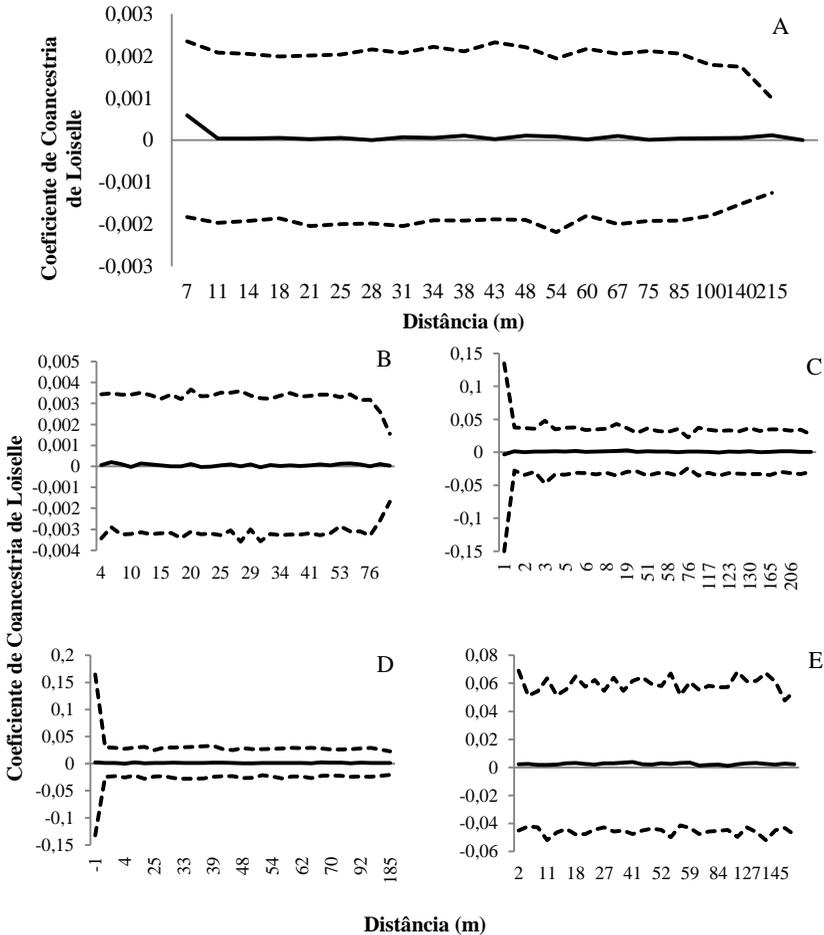


Figura 19: A. Estrutura genética espacial (EGE) dos indivíduos de *Varronia curassavica* Jacq. na Joaquina/SC. A linha contínua representa a estimativa do coeficiente de coancestria médio, e as linhas pontilhadas representam a estimativa do intervalo de confiança a 95% de probabilidade da hipótese de ausência de estrutura genética. ($H_0: \theta_{xy} = 0$). B. EGE dos indivíduos de baixada seca; C. EGE dos indivíduos de Zona de Transição de Baixada; D. EGE dos indivíduos de Duna semifixia; E. EGE dos indivíduos de Zona Transição Duna.

Por fim, as principais diferenças encontradas na dinâmica demográfica e genética da espécie nos diferentes ambientes avaliados na restinga estão representadas de forma esquemática na Figura 20.

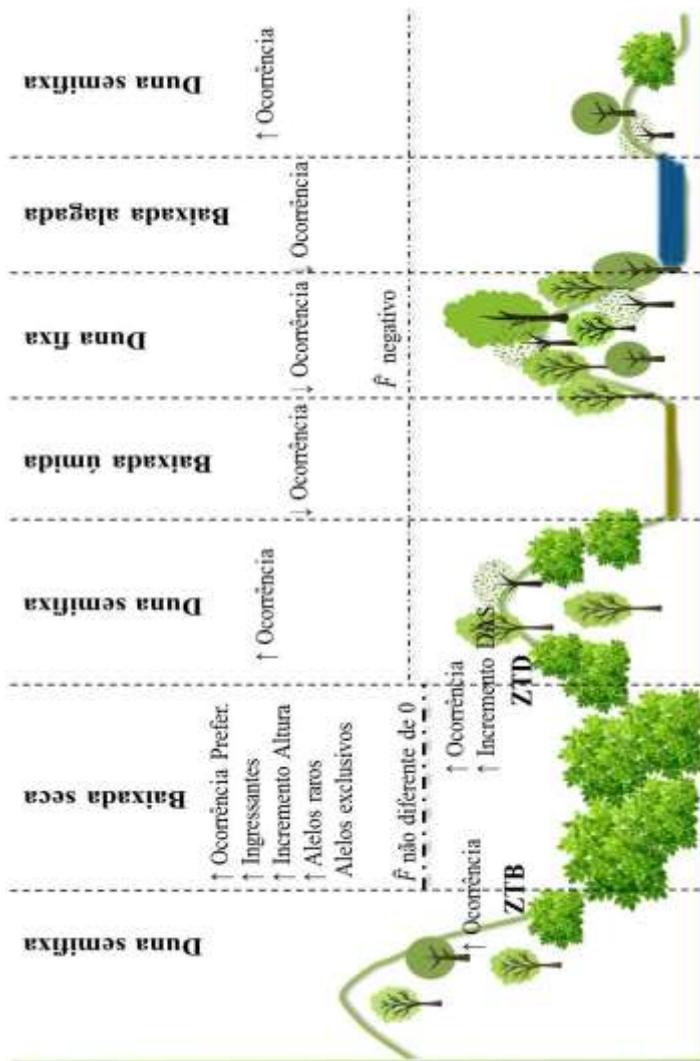


Figura 20: Representação esquemática da restinga com a síntese das principais diferenças encontradas na dinâmica demográfica e genética de *Varronia curassavica* Jacq. na população da Joaquina/SC – Brasil. Prefer. = preferencial; ZTB = Zona de transição de baixada; ZTD = Zona de transição de duna

1.5.DISSCUSSÃO

A população de *V. curassavica* apresentou taxa de crescimento positiva ao longo dos anos, com número de regenerantes superior ao número de mortos e indivíduos não encontrados, o que indica que a população encontra-se em expansão. O crescimento da população também pode ser evidenciado pelo aumento da ocupação da área, o que contribui também para a fixação de dunas e para a composição fisionômica da mesma. Apesar de a fase plântulas apresentar maior fragilidade estrutural, e ser considerada como a fase mais crítica do ciclo de vida de muitas espécies (Kozłowski, 1971), para *V. curassavica*, o número de mortos e indivíduos não encontrados nesta classe foi baixo. Tal aspecto é de extrema importância para o estabelecimento da população, especialmente porque a espécie apresenta considerável número de abortos de flores e frutos, além de estar frequentemente sujeita a ações de pisoteio (homens e animais) e de herbivoria, conforme discutido nos capítulos 2 e 3.

A maior parte das mortes da fase plântulas pode ser associada aos “alagamentos itinerantes”, aos quais, parte da área está sujeita. Já o número de indivíduos não encontrados, de modo geral, reflete as dificuldades metodológicas observadas ao se avaliar demograficamente a espécie, como o padrão de crescimento desordenado dos ramos e o fácil desprendimento dos mesmos.

Em termos de estrutura diamétrica e de altura, o padrão com tendência ao “J-invertido” indica um balanço positivo entre recrutamento e mortalidade, característico de populações em equilíbrio regenerativo. No entanto, o estabelecimento das classes aqui propostas, não reflete, necessariamente, coortes na população, uma vez que não foi possível identificar características morfológicas que permitissem classificar os indivíduos amostrados em plântulas, jovens ou adultos. Por vezes, ramos com aspectos de regenerantes podem ser observados em plantas maduras, dependendo do grau de soterramento da planta, ramos mais velhos podem não ser percebidos. De igual forma, indivíduos observados na primeira classe foram observados em reprodução. Ainda, a análise de correlação entre as variáveis biométricas evidenciou que, para *V. curassavica*, plantas mais altas não apresentam, necessariamente, diâmetros maiores. Segundo Pimentel & Silva (2011), indivíduos pertencentes a uma mesma coorte podem apresentar tamanhos diferentes, estando estes relacionados ao potencial genético de

cada indivíduo e às condições abióticas do sítio de deposição das sementes.

Com relação aos parâmetros populacionais avaliados, a variável diâmetro pareceu melhor demonstrar o crescimento populacional quando comparado à altura; enquanto que para o parâmetro altura, o crescimento não foi significativo entre o período estudado. Na área, vários podem ser os fatores que contribuíram com tal resultado, entre eles o crescimento horizontal e desordenado dos ramos, aliada à flexibilidade dos mesmos, e a possível quebra ou deslocamento destes quando da avaliação podem ter contribuído tanto para medidas superestimadas, quanto para subestimadas. Ainda, plantas que crescem em áreas de dunas são frequentemente submetidas a diferentes intensidades de soterramento (Maun, 1998) aspecto que pode interferir na mensuração da altura. Apesar das dificuldades observadas, tais parâmetros são importantes para dimensionar o crescimento populacional e são comumente empregados para espécies arbustivas (vide Ferreira et al., 2010; Pimentel & Silva, 2011).

Na área estudada, a espécie apresentou padrão agregado de distribuição, implicando na existência de uma variância menor para as distâncias de indivíduos da população (Krebs, 1999). A ocorrência de heterogeneidade ambiental, em termos de microhabitats favoráveis a propagação de espécies vegetais, bem como a descontinuidade da paisagem em termos de fisionomia e cobertura vegetal tem sido comumente abordada para explicar a distribuição da vegetação em ambiente de restinga (Castro et al., 2007; Pereira, 2009; Ferreira et al., 2010). Em ambientes áridos e semi-áridos o padrão de agregação em forma de mosaico em plantas também tem sido bem documentado (Montaña, 1992; Tirado & Pugnaire, 2005; Kyncl et al. 2006). Alguns estudos reportam variação neste padrão para diferentes estágios do ciclo de vida da planta, como foi encontrado para *Gaylussacia brasiliensis* (Spreng) Meisn., uma espécie de restinga arbustiva, cujas plantas jovens ocorrem muito próximas à planta-mãe, e na fase adulta estabelecem um padrão aleatório atribuído à morte de grande quantidade de indivíduos durante seu crescimento. Para *V. curassavica* o padrão agregado se mantém para todos os estágios.

Ao se verificar a relação das variáveis ambientais com a presença de indivíduos de *V. curassavica*, os coeficientes evidenciaram uma relação fraca indicando que, tanto a topografia, quanto a cobertura vegetal existente está pouco associado à distribuição e presença da espécie. De qualquer modo foi possível identificar que menos

indivíduos ocorrem quanto maior o ângulo de inclinação da duna e menor o grau de cobertura vegetal.

Contudo, quando considerado os diferentes tipos de ambientes presentes na restinga as diferenças encontradas foram significativas e evidenciaram áreas de ocorrência preferencial da espécie. Apesar de a área ter praticamente a mesma proporção disponível entre ambientes de dunas e baixadas (51% e 49% respectivamente), cerca de 80% das plantas de *V. curassavica* ocorrem em baixadas secas. Nas zonas de transição entre dunas e baixadas e dunas semifixas encontram-se 19% da população. Por sua vez, os ambientes menos propícios a ocorrência da espécie são as baixadas sujeitas a alagamento, assim como dunas móveis e dunas fixas. Estas últimas representam dois extremos. Dunas móveis possuem grau de cobertura baixo ou nenhuma vegetação, enquanto que nas dunas fixas é possível encontrar diferentes densidades de vegetação com espécies arbustivas e arbóreas que podem formar dossel.

O solo nu, onde as temperaturas e a amplitude térmica diária podem ser muito elevadas e a disponibilidade hídrica é baixa, limita, no geral, o estabelecimento de várias espécies. Já os ambientes com densa vegetação podem não favorecer a germinação uma vez que a espécie é heliófita (Smith 1970) e o sombreamento nestas áreas pode ser um dos principais fatores a influenciar no estabelecimento de um novo indivíduo. Nos ambientes sujeitos a alagamento, além de limitante ao estabelecimento também está relacionada com a mortalidade em plântulas, indicando que tais condições são extremamente limitantes para a população. Ingressantes também foram mais frequentes nas baixadas secas (66%), assim como o registro de número de mortos (68%) também foi maior nestas áreas. Este último pode estar relacionado com a proporção de indivíduos presentes e a maior possibilidade de encontrar indivíduos em fase de senescência natural.

Os ambientes de baixada, além de ter sido áreas de ocorrência preferencial, juntamente com os ambientes de duna semifixa foram os locais onde a espécie apresentou o maior incremento médio em altura dentro do período observado, enquanto que o incremento do DAS médio foi significativamente maior nas zonas de transição de duna. Tais resultados corroboram com as zonas de ocorrência e reforçam a importância dos ambientes de baixada seca e dunas semifixas (e transição) para o estabelecimento e desenvolvimento da espécie.

Assim, pode-se concluir que a distribuição espacial agregada encontrada para *V. curassavica* pode estar sendo determinada

preferencialmente em decorrência da distribuição de habitats adequados ao crescimento e desenvolvimento da planta.

A análise da diversidade genética também evidenciou heterogeneidade nas frequências alélicas associadas às diferenças entre os ambientes. Alelos exclusivos foram encontrados apenas nas baixadas secas. Alelos raros foram amostrados em todos os ambientes, mas nas baixadas secas estes representaram 40%. A presença de alelos raros e exclusivos é um indicativo da importância e do papel destes ambientes em termos de conservação da espécie e também para a priorização de áreas a serem conservadas, uma vez que alelos em baixa frequência são mais suscetíveis à perda, principalmente devido aos efeitos de deriva genética (Frankel et al., 1995).

Os índices médios de fixação alélica da população e dentro dos diferentes ambientes também apresentaram distinção. Na população como um todo e nas áreas de baixada seca o índice de fixação não foi significativamente diferente de zero, evidenciando ausência ou efeitos reduzidos de endogamia e deriva genética, aspecto que pode ser explicado pelo sistema reprodutivo da espécie que é tipicamente alógama, com mecanismos de autoincompatibilidade como heterostilia e protoginia (vide capítulo 3). Porém, para as demais áreas, tais valores foram negativos e significativos, indicando uma tendência a cruzamentos preferenciais ou seleção a favor de heterozigotos para esta população.

A divergência intrapopulacional foi baixa para os diferentes ambientes. Entretanto, os valores encontrados entre ambientes de zona de transição de dunas com relação a dunas semifixas foram mais elevadas, demonstrando que entre estas áreas pode haver uma maior divergência genética.

Em plantas, a distribuição espacial, o sistema de reprodução e o parentesco intrapopulacional podem estar associados (Amato, 2008). Indivíduos próximos tendem a se cruzar mais do que indivíduos distantes (Bacles & Ennos, 2008), e se estes são relacionados pela dispersão de propágulos próximo a planta mãe, a endogamia biparental pode aumentar na população com o passar das gerações (Young et al., 1996; Young & Boyle, 2000), caso a pressão de seleção contra indivíduos endogâmicos não aconteça de maneira efetiva. Assim, devido ao padrão agregado encontrado para *V. curassavica* esperava-se registrar estrutura familiar a curta distância. No entanto, a ausência de estruturação encontrada pressupõe que os genótipos estão distribuídos aleatoriamente na área. Tal resultado sugere que a circulação de alelos dentro desta população pode estar relacionada a fatores genéticos, como

a presença de mecanismos de autoincompatibilidade, registrados para a espécie (heterostilia e protoginia), conforme evidenciado no capítulo 3 e em Hoeltgebaum et al. (2017). Levin (1981) demonstrou que a movimentação de alelos dentro de populações está condicionada pelo grau de compatibilidade genética entre os indivíduos. Segundo o autor, a presença de autoincompatibilidade pode impedir determinados tipos de cruzamentos, e aumentar a probabilidade de cruzamento entre plantas mais distantes, considerando que a compatibilidade do pólen-pistilo pode ser menor entre vizinhos do que entre plantas moderadamente espaçadas. Além disso, o mesmo autor ressaltou que o *fitness* de descendentes de cruzamentos distantes pode ser superior ao daqueles de cruzamento entre plantas próximas. A influência da heterostilia na distribuição espacial dos genes é também discutida por Martins (1987) para *Cordia goeldiana* Huber, onde a heterostilia, associada à densidade populacional e ao florescimento, apresenta implicações nos padrões de fluxo gênico intra e interpopulacional. Para *V. curassavica*, o favorecimento de cruzamentos entre indivíduos mais distantes faz com que o fluxo gênico dentro da população seja amplificado, reduzindo assim, a formação de estrutura genética interna.

1.6. CONCLUSÕES

A população de *V. curassavica* apresentou capacidade regenerativa ao longo dos anos, assim como capacidade de colonização, ampliando sua ocorrência com uma baixa mortalidade de plântulas.

A distribuição nas classes diamétrica e de altura demonstraram que há um maior número de indivíduos nas menores classes, como esperado para populações em expansão. A ausência de características morfológicas e de correlação entre variáveis biométricas, entretanto, não permitiu que fossem estabelecidas classes ou coortes para a população, o que dificulta a construção de tabela de vida e uma análise mais apurada com relação à duração de cada ciclo de vida da espécie.

A distribuição de habitats adequados ao crescimento, como a presença de cobertura vegetal, grau de inclinação e disponibilidade hídrica somada a fatores abióticos podem contribuir significativamente para o padrão de distribuição da espécie em áreas de restinga.

As zonas de baixadas secas representam zonas preferenciais de crescimento e desenvolvimento da espécie, assim como detêm a maior riqueza alélica, alelos raros e exclusivos, evidenciando a importância da

fitofisionomia e da heterogeneidade ambiental para a manutenção das populações de *V. curassavica*. Essa heterogeneidade que é típica das restingas é especialmente relevante para o estabelecimento da espécie e deve ser considerada na definição de áreas mínimas para a conservação e no tamanho efetivo populacional, quando da definição de estratégias para a conservação *in situ*.

A presença de mecanismos de autoincompatibilidade e uma dispersão eficiente podem favorecer a distribuição aleatória de genótipos na população, o que comumente não seria esperado para espécies com o padrão de agregação encontrado. Entretanto, a dependência de vizinhos geneticamente compatíveis implica em áreas maiores para a conservação.

Estudos genéticos associados aos aspectos demográficos podem contribuir significativamente para as análises de estabilidade populacional, agregando informações para um melhor entendimento da compreensão da dinâmica da espécie, e assim, apontar para a efetivação de práticas conservacionistas e também para direções mais sustentáveis de manejo.

CAPÍTULO 2

FENOLOGIA E HERBIVORIA FOLIAR DE *Varronia curassavica* Jacq. (BORAGINACEAE) EM ÁREAS DE RESTINGA - ILHA DE SANTA CATARINA



*“Se tu amas uma flor que se acha numa estrela,
é doce, de noite, olhar o céu. Todas as estrelas estão floridas.”
Antoine de Saint-Exupéry*

2.1. RESUMO

O presente estudo teve por objetivo estudar a fenologia vegetativa e reprodutiva de *V. curassavica* e avaliar a existência de correlação dos eventos fenológicos com variáveis climáticas, além de verificar a ocorrência de herbivoria foliar, intensidade, tipo de dano, a existência de variação sazonal ao longo do ano e da existência de relação com as fenofases. As observações fenológicas foram realizadas quinzenalmente, em duas áreas de restinga, durante o período de janeiro de 2014 a janeiro de 2016. Foram monitorados 60 indivíduos reprodutivos e avaliadas a emissão foliar, folhas maduras, botão floral, antese, fruto imaturo e maduro, além da herbivoria foliar. Para cada fenofase foram quantificadas atividade e intensidade por meio de registro do evento e utilizando escala intervalar. Para verificar as relações entre a fenofases e as variáveis climáticas foram estimados os coeficientes de correlação de Spearman. Para determinar a sazonalidade foram utilizadas estatísticas circulares. As fenofases estudadas não apresentaram correlação significativa com as variáveis climáticas, embora tenha sido observada sazonalidade para as mesmas. *Varronia curassavica* apresentou produção contínua de folhas ao longo do ano, com abscisão foliar pouco sincrônica e em baixa intensidade entre os indivíduos das populações analisadas. A floração e frutificação continuada demonstraram que o clima parece ser pouco restritivo para a fenologia reprodutiva da espécie, contudo, picos distintos de intensidade foram registrados em períodos com aumento de temperatura e fotoperíodo. Frutos maduros foram amostrados em baixa intensidade, o que pode refletir um elevado número de abortos. Apesar da presença de herbivoria ao longo de todo ano e da diversidade de espécies que utilizaram as folhas da espécie, não houve correlação significativa entre esta e as fenofases da mesma. A sobreposição de estratégias de reprodução da espécie tende a potencializar a polinização e dispersão de diásporos, de modo a garantir o fluxo gênico de pólenes e sementes, contribuindo assim, para a manutenção das suas populações.

Palavras-chave: fenologia vegetativa, fenologia reprodutiva, estatística circular, fenofases, fluxo gênico.

2.2. INTRODUÇÃO

A fenologia estuda a ocorrência de eventos biológicos cíclicos e sua relação com fatores do meio biótico e abiótico (Frankie et al., 1974; Morellato, 2003), e contribui para o entendimento dos padrões vegetativos e reprodutivos de plantas e animais (Morellato, 1995).

No caso das plantas, eventos fenológicos envolvem brotamento, floração, frutificação, germinação e senescência (Lieth, 1974). O período de ocorrência desses eventos tem efeitos importantes sobre a sobrevivência e sobre o sucesso reprodutivo das espécies (Sakai, 2001). Além de prever as épocas de reprodução e de seus ciclos, informações fenológicas permitem avaliar a disponibilidade de recursos, como folhas, flores, frutos e sementes, ao longo do ano (Fournier, 1974; Morellato, 1995).

Desse modo, o conhecimento da fenologia das espécies vegetais tem ampla aplicação, e vem sendo empregado em estudos voltados à compreensão da dinâmica dos ecossistemas e para o entendimento da regeneração e da reprodução das plantas (Talora & Morellato, 2000). Tais questões, por sua vez, refletem no entendimento da estrutura genética das populações vegetais, uma vez que nas regiões tropicais, os animais são os principais responsáveis pelo fluxo gênico, tanto por meio do pólen quanto por meio da semente (Bawa, 1974; Morellato, 1991, 1995; Gressler et al., 2006). Por conseguinte, a identificação de padrões fenológicos gera informações relevantes para planos de manejo e conservação, já que a fase reprodutiva é um período importante da dinâmica populacional (Cesário & Gaglianone, 2008).

Os padrões fenológicos das espécies tropicais são diversos e complexos e podem variar em uma população devido à idade, ao tamanho e ao sexo dos indivíduos, assim como às diferenças presentes no microhabitat (Newstrom et al., 1994). Estas variações podem ocorrer dentro de uma espécie e entre os ecossistemas, entre populações, entre indivíduos e entre anos (Stephenson, 1981; Newstrom et al., 1994). De modo geral, é consenso que os padrões fenológicos resultam da ação de múltiplas forças seletivas bióticas e abióticas. Os fatores que regulam a periodicidade dos eventos vegetativos e reprodutivos nas plantas, como sazonalidade climática, presença de polinizadores, predadores e dispersores de sementes, disponibilidade de recursos, questões filogenéticas, bem como fatores endógenos, têm sido discutidos por vários autores (Bawa & Webb, 1984; Rathcke & Lacey, 1985; Van Schaik et al., 1993; Reich, 1995; Fenner, 1998; Sakai, 2001; Cortés-

Flores et al., 2013; Chambers et al., 2013). Estes demonstram que há necessidade de melhor definição destes fatores e da interferência de cada um deles na regulação dos ciclos biológicos.

Dentre os fatores bióticos que podem afetar padrões fenológicos em florestas tropicais estão a competição por polinizadores e dispersores (Janzen, 1967; Wheelwright, 1985), e o escape da herbivoria e predação de sementes (Janzen, 1971; Aide, 1993; Coley & Barone, 1996). Já os abióticos envolvem as variações sazonais na precipitação e temperatura (Opler et al., 1976; Justiniano & Fredericksen, 2000; Marques & Oliveira, 2004; Singh & Kushwaha, 2006), assim como as variações no fotoperíodo (Rivera & Borchert, 2001; Marques & Oliveira, 2004).

As variáveis climáticas em geral, apresentam correlação positiva com as fenofases em ambientes com sazonalidade marcada (Tarola & Morellato, 2000; Marques & Oliveira, 2004). Contudo, em ambientes pouco sazonais os fatores ambientais podem ter menor influência sobre as fenofases do que aqueles em notada sazonalidade (Frankie et al., 1974; Morellato & Leitão-Filho, 1990; Tarola & Morellato, 2000).

A crescente demanda e o intenso extrativismo de plantas medicinais fazem com que estudos que compreendam os ciclos de vida dessas espécies, e também como estas respondem a fatores bióticos e abióticos, sejam prioritários. O estudo da fenologia é primordial para o conhecimento e utilização sustentável de plantas medicinais, entretanto, trabalhos sobre as fenofases destas espécies são ainda incipientes (Jimoh & Adebisi, 2013).

Para *V. curassavica*, informações sobre a brotação, floração e frutificação são fundamentais para embasar a coleta de folhas e sementes visando uma intervenção que evite prejudicar a capacidade de reprodução e manutenção das populações no seu habitat.

Em seu ambiente natural, *V. curassavica* comumente possui intensa herbivoria foliar (*obs. pess*). Tal questão também já foi relatada em condições de cultivo, sendo registrado ataque de percevejos (*Dictyla monotropidia* Stål) para a espécie, onde ninfas e adultos sugavam a seiva do floema, causando encarquilhamento, seguido de amarelecimento e abscisão de folhas (Rosa et al., 2008). Segundo os mesmos autores, *D. monotropidia* já foi relatada como praga de outras espécies de *Cordia* em países das Américas Central e do Sul.

A herbivoria pode resultar em efeitos negativos no crescimento e sobrevivência de uma população, bem como influenciar nos seus ciclos de vida (Coley & Barone, 1996; Medeiros & Morretes, 1995; Angelo & Dal Molin, 2007). O impacto da herbivoria no desenvolvimento de uma planta, contudo, depende de diversos fatores, tais como da sua

fenologia, do tecido consumido, da intensidade e frequência do ataque (Begon et al., 1996; Crawley, 1997).

Algumas plantas conseguem evitar a herbivoria foliar produzindo tecidos em períodos menos favoráveis aos inimigos naturais (Aide, 1988), como em momentos de menor incidência de herbivoria, ou ainda pela produção simultânea de folhas (sincronicidade da brotação) (Aide, 1993). Assim, a avaliação da presença e intensidade da herbivoria foliar em *V. curassavica* permite compreender a influência desta sobre as fenofases, além de ser uma importante informação para o uso, já que a matéria-prima para produção de medicamentos provém das suas folhas.

Estudos fenológicos conduzidos com plantas medicinais no âmbito da Mata Atlântica visando contribuir com informações para uso e conservação podem ser exemplificados com trabalhos como os de Steenbock & Reis (2004), Mazza et al. (2011), Filippon et al. (2012), Mariot et al. (2014), dentre outros.

Com relação à *V. curassavica*, informações fenológicas podem ser encontradas nos trabalhos de Opler et al. (1975), que estudou várias espécies da família, em Guimarães (2006), onde foram avaliadas a florística e a fenologia de espécie que ocorrem na restinga, e em Brandão et al. (2015), que avaliaram a fenologia da floração. Todos estes estudos foram voltados apenas para a fenologia da reprodução e desenvolvidos em um curto período de avaliação.

Assim, como parte do estudo para a compreensão dos aspectos da autoecologia da espécie, este capítulo objetivou avaliar a fenologia vegetativa e reprodutiva de *V. curassavica* e a existência de correlação dos eventos fenológicos com variáveis climáticas, além de verificar a ocorrência de herbivoria foliar, em termos de intensidade, tipo de dano, existência de variação sazonal ao longo do ano e a existência de relação desta com as fenofases.

2.3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo da fenologia vegetativa, reprodutiva e registro da herbivoria de *V. curassavica* foram conduzidos entre os anos de 2014 e 2016, em duas áreas: uma no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição - restinga da Joaquina, e outra, na restinga do Campeche (vide item 4. Áreas de estudo). Apesar da proximidade das mesmas (aproximadamente 7 km), para fins deste estudo foram consideradas como duas populações distintas.

O clima da região é do tipo *Cfa* de Köppen (1948), mesotérmico úmido, com verões quentes e chuvas bem distribuídas ao longo do ano (Caruso, 1990).

Durante o período avaliado, o comprimento do dia em horas variou de 13,75 h.dia⁻¹ em dezembro a 10,25 h.dia⁻¹ em junho, com variação de 3,5 h ao longo do ano (Figura 21). O período com os menores comprimentos do dia compreendem maio a julho, enquanto o período de dias mais longos está entre novembro e janeiro (Figura 21). A temperatura média mensal (Figura 22) foi de 21,6 °C, com a máxima em janeiro-fevereiro (25,8 °C) e a mínima em julho (17,43 °C). As temperaturas máximas alcançaram 36,45°C em janeiro e as mínimas foram de 5,5 °C em junho, mês mais frio em ambos os anos. A precipitação média anual (Figura 22) foi de aproximadamente 1.304 mm em 2014, variando de 37,3 mm em julho a 209,7 mm em junho. Em 2015 a precipitação foi maior, totalizando 2.188,14 mm para o ano e variando de 80,7 mm em agosto a 298,62 mm em fevereiro. Nos dois anos avaliados as chuvas foram distribuídas ao longo do ano, sem períodos secos. Não houve coincidência de maior ou menor precipitação com os meses mais quentes ou mais frios do ano. No primeiro ano, o mês de junho foi o de maior precipitação (209,7 mm) e apresentou uma das menores médias de temperatura do ano (17,74 °C), enquanto que em 2015 as maiores precipitações ocorreram em fevereiro (298,6 mm) e setembro (280,4 mm), onde as temperaturas variaram entre 25 °C e 19 °C (Figura 22). Os dados climatológicos foram obtidos junto ao Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina – CIRAM/Epagri.

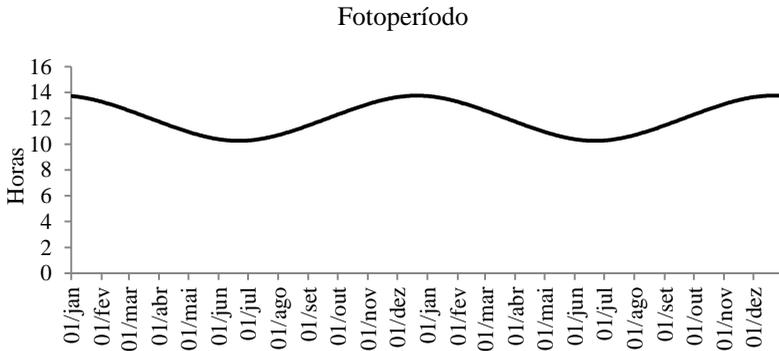


Figura 21: Variação do fotoperíodo teórico da Ilha de Santa Catarina, no período de 2014-2015.

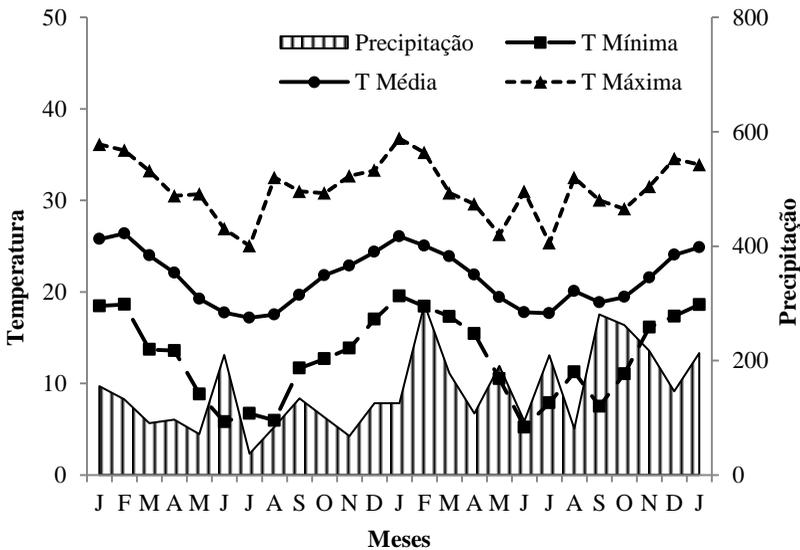


Figura 22: Variação da precipitação e temperatura da Ilha de Santa Catarina, no período de janeiro de 2014 a janeiro de 2016.

2.3.1. ACOMPANHAMENTO FENOLÓGICO

As observações fenológicas foram realizadas quinzenalmente, durante o período de janeiro de 2014 a janeiro de 2016. Foram

monitorados 30 indivíduos reprodutivos tomados ao acaso em cada uma das áreas, totalizando 60 indivíduos. Estes foram marcados com etiquetas de alumínio numeradas, e avaliadas as fenofases de emissão de folhas, folhas maduras, botão floral, flores abertas (antese), fruto verde (ou imaturo) e fruto maduro (Figura 23). As fenofases foram quantificadas segundo metodologia proposta por Fournier (1974), a qual avalia individualmente a intensidade das fenofases utilizando uma escala intervalar de zero a quatro, com amplitude de 25% entre cada intervalo (0= ausência; 1= 1-25%; 2= 26-50%; 3= 51-75%; 4= 76-100%). Além das fenofases vegetativas e reprodutivas foi avaliada a ocorrência e intensidade de herbivoria foliar, e registrado o tipo de dano foliar, ponderando a idade da folha. Foram consideradas folhas jovens aquelas em expansão, e maduras as totalmente expandidas.



Figura 23: Fenofases avaliadas de *Varronia curassavica* Jacq., em ambiente de restinga, Florianópolis/SC. A) emissão foliar e folhas maduras (totalmente expandida); B) botão floral e flores abertas; C) frutos verdes e maduros. Fotos da autora.

2.3.2. ANÁLISE DE DADOS

Foi calculada a porcentagem de indivíduos que manifestaram as fenofases em cada mês, bem como a intensidade da fenofase. A intensidade de cada fenofase foi calculada pelo método proposto por Fournier (1974), por meio da fórmula:

$$\% \text{ de Fournier} = \frac{\sum \text{Fournier}}{4 \cdot N}$$

Onde: % Fournier é a somatória das categorias de Fournier dos indivíduos dividido pelo máximo de Fournier que pode ser alcançado por todos os indivíduos (N) na amostra. O valor obtido corresponde a uma proporção, é então multiplicado por 100.

A verificação da normalidade da distribuição dos dados foi realizada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov (Zar, 1999). Foram estimados os Coeficientes de correlação de Spearman (Zar, 1999) para verificar as relações entre a fenofases e as variáveis climáticas em cada mês. Estatísticas circulares foram usadas para determinar a sazonalidade, conforme proposto por Morellato et al. (2010) e, para calcular os parâmetros desta, os meses foram convertidos em ângulos, sendo $0^\circ =$ janeiro, sucessivamente até $360^\circ =$ dezembro, em intervalos de 30° . Foram calculados o ângulo médio ($\bar{\alpha}$), o desvio padrão angular e comprimento do vetor (r) e testada a significância do ângulo por meio do teste de Rayleigh (Z) para a distribuição circular (Zar, 1999). Quando o ângulo médio é significativo o padrão é considerado sazonal, e este corresponde a data média do ano ao redor da qual estão concentrados os eventos fenológicos (Morellato et al., 2010). O vetor r indica a concentração dos indivíduos em torno da data média ou grau de sazonalidade da fenofase (Morellato et al., 2010). 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. A data pico de atividade foi determinada pelo mês com maior número de indivíduos em atividade fenológica (Pirani et al., 2009). O teste t-student (t ; $p < 0,05$) foi utilizado para detectar possíveis diferenças entre as áreas e os anos estudados. Os dados foram analisados com o auxílio do programa Oriana (Kovach, 2004).

A aplicação dos dois métodos de avaliação: qualitativo (presença ou ausência da fenofase) e semi-quantitativo (intensidade do evento), fornecem informações distintas, portanto complementares. Segundo Bencke & Morellato (2002), o pico de intensidade da fenofase pode

estar mais relacionado a fatores bióticos como a presença, atividade ou abundância de polinizadores e dispersores, uma vez que guarda relação direta com a abundância da floração ou frutificação. Já o pico de atividade pode estar mais voltado a características endógenas e a fatores abióticos que atuam sobre a fisiologia da planta, causando ou reduzindo o período de ocorrência das fenofases.

Para quantificar a intensidade de herbivoria e existência de variação sazonal ao longo do ano foi empregada a mesma escala intervalar e análise estatística propostas para as fenofases vegetativas e reprodutivas.

2.4. RESULTADOS

A emissão de folhas e a presença de folhas maduras em *V. curassavica* foram contínuas, apresentando máxima intensidade das fenofases durante todo o período amostrado (Figuras 24, 26). Tal padrão foi similar para as duas populações, com uma discreta variação.

A espécie pode perder parcialmente suas folhas, característica observada para alguns indivíduos na população. Durante o período de abscisão foi observado uma redução na velocidade da emissão foliar. No primeiro ano de avaliação a perda de folhas foi mais evidente no período de setembro a novembro na população do Campeche, enquanto que na Joaquina este período compreendeu os meses junho e novembro (Figura 26). No segundo ano, a população do Campeche apresentou uma pequena perda de folhas no mês de julho e outra entre novembro e dezembro, um pouco mais acentuada que no primeiro evento, enquanto que na Joaquina, a perda de folhas foi mais evidente no período de novembro a início de janeiro. Estas diferenças foram significativas entre as áreas ($t = -2,59$; $p < 0,05$). O teste de Rayleigh não pode ser calculado para as fenofases vegetativas por não haver variação na atividade (Tabela 12).

Varronia curassavica floresceu praticamente ao longo de todo ano, contudo, com dois picos de intensidade distintos, sendo um deles no período de fevereiro e março, e outro, de maior intensidade, entre agosto e outubro (Figura 25, 26). Houve uma pequena variação entre as populações, sendo que na população da Joaquina o período foi mais amplo e de maior intensidade. Na população do Campeche, a intensidade máxima de floração foi registrada em setembro, alcançando o percentual de 78 e 76% para botão floral e flores abertas respectivamente. Na população da Joaquina, a intensidade máxima foi

de 94 e 93% para as referidas fenofases, no mesmo período. Para o segundo ano de avaliação, o padrão foi similar mantendo os picos entre janeiro e fevereiro e agosto e novembro. Apesar de haver uma pequena variação entre as populações e entre os anos, estas não foram estatisticamente significativas ($t = - 0,64$; $p > 0,05$). O pico de floração foi sazonal e significativo, com data média no mês de outubro, estendendo a antese para novembro no Campeche em 2015 (Tabela 12), período com alta precipitação e temperaturas em elevação. Contudo, não houve correlação significativa entre estas fenofases e as variáveis climáticas (Tabela 13).

Assim como a floração, a produção de frutos apresentou padrão similar (Figuras 25, 26). Para os frutos verdes os picos de intensidade ocorreram entre os meses de março e abril, e outro, de maior intensidade entre os meses de agosto e novembro (Figura 26). Este último foi sazonal, para ambas as populações, com data média no mês de outubro (Tabela 12). A maturação dos frutos, contudo foi significativamente diferente tanto entre os anos avaliados como na intensidade de produção para as duas áreas ($t = 3,11$ Campeche e $t = 2,72$ Joaquina; $p < 0,05$). Em 2015, o maior número de registros foi efetuado na Joaquina, porém, os picos de intensidade foram mais acentuados no Campeche (52%), evidenciando uma maior concentração dos eventos de maturação. Na população da Joaquina foi observado apenas um pico de maturação, que ocorreu entre setembro e novembro (33% em outubro), menos intenso que o observado para a população do Campeche (52% em setembro), que frutificou com mais intensidade entre os meses de março e abril e agosto e outubro. Já no segundo ano, a intensidade de maturação foi significativamente menor, com dois picos, um em fevereiro e outro entre setembro e outubro, porém, não ultrapassando os 13% na escala de Fournier para todos os indivíduos avaliados, enquanto este chegou a 60% de intensidade no primeiro ano. Os picos de maturação dos frutos também foram sazonais e significativos, com data média para outubro-novembro (Joaquina) e novembro-dezembro (Campeche) (Tabela 12). Não houve correlação significativa entre a frutificação e as variáveis climáticas (Tabela 13).

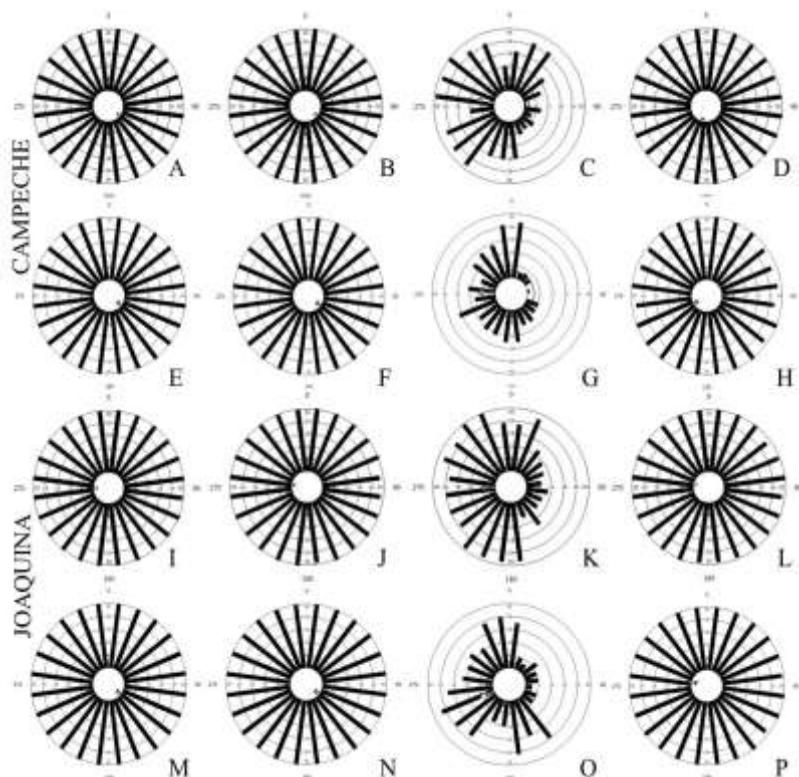


Figura 24: Histogramas circulares de frequência relativa mensal de *Varronia curassavica* Jacq., referente as fenofases vegetativas e herbivoria foliar nas restingas do Campeche e Joaquina para os anos de 2014 e 2015. A-E) Emissão foliar Campeche (2014 A - 2015 E); B-F) Folhas maduras Campeche; I-M) Emissão foliar Joaquina; J-N) Folhas maduras Joaquina; C-G) Herbivoria folha jovem Campeche; D-H) Herbivoria folha madura Campeche; K-O) Herbivoria folha jovem Joaquina; L-P) Herbivoria folha madura Joaquina.

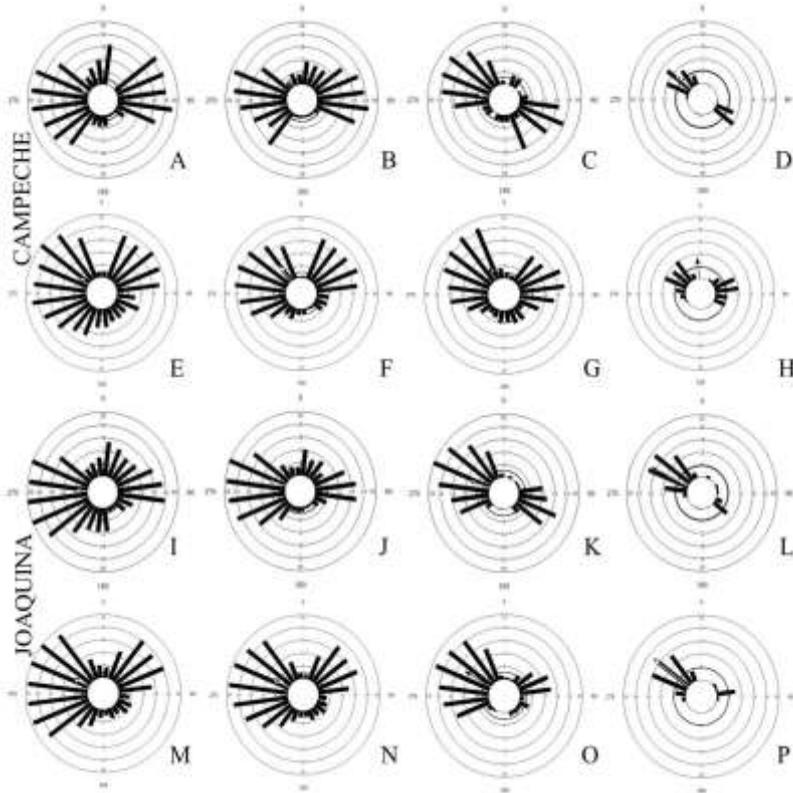


Figura 25: Histogramas circulares de frequência relativa mensal de *Varronia curassavica* Jacq., referente as fenofases reprodutivas nas restingas do Campeche e Joaquina entre os anos de 2014 e 2015. A-E) Botão floral Campeche; B-F) Antese Campeche; C-G) Fruto verde Campeche; D-H) Fruto maduro Campeche; I-M) Botão floral Joaquina; J-N) Antese Joaquina; K-O) Fruto verde Joaquina; L-P) Fruto maduro Joaquina.

Tabela 13: Resultado das análises dos testes de estatística circular para sazonalidade, comportamento fenológico e presença de herbivoria de *Varronia curassavica* Jacq., no Campeche e Joaquina, restinga da Ilha de Santa Catarina, entre os anos de 2014 e 2015. A = área; Obs. (N) = Número de observações; Âng. = ângulo; \bar{X} = médio; DP = desvio padrão circular; C = Comprimento. * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,001$; - = não pode ser calculado devido ausência de variação.

| A | Fenofase | Obs. (N) | | Âng. \bar{X} ($\bar{\alpha}$) | | Data \bar{X} | | DP Angular | | C vetor \bar{X} (r) | | Teste de uniformidade de Rayleigh(p) | |
|----------|----------------|----------|------|-----------------------------------|------|----------------|-------|------------|------|-----------------------|------|--------------------------------------|-------------|
| | | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 |
| Campeche | Emissão Foliar | 720 | 720 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | Folhas Maduras | 720 | 720 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | Botão Floral | 360 | 405 | 296° | 304° | 24/10 | 01/11 | 115° | 103° | 0,13 | 0,20 | 0,002* | 1,1E-07*,** |
| | Antese | 301 | 308 | 329° | 321° | 13/10 | 18/11 | 112° | 88° | 0,14 | 0,31 | 0,003* | < 1E-12*,** |
| | Fruto Verde | 241 | 298 | 282° | 331° | 10/10 | 28/11 | 109° | 98° | 0,16 | 0,23 | 0,002* | 8,4E-08*,** |
| | Fruto Maduro | 64 | 86 | 310° | 355° | 07/11 | 22/12 | 85° | 85° | 0,33 | 0,34 | 9,5E-04*,** | 6,5E-05*,** |
| | Herbivoria FJ | 422 | 255 | 282° | 273° | 10/10 | 01/10 | 90° | 90° | 0,29 | 0,29 | < 1E-12*,** | 6,4E-10*,** |
| | Herbivoria FM | 718 | 701 | 195° | 240° | 15/07 | 29/08 | 202° | 172° | 0,00 | 0,01 | 0,997 | 0,918 |
| Joaquina | Emissão Foliar | 719 | 720 | 270° | - | 28/09 | - | 208° | - | 0,00 | - | 0,999 | - |
| | Folhas Maduras | 714 | 720 | 278° | - | 06/10 | - | 180° | - | 0,01 | - | 0,963 | - |
| | Botão Floral | 372 | 376 | 274° | 297° | 02/10 | 25/10 | 104° | 90° | 0,19 | 0,29 | 1,2E-06*,** | < 1E-12*,** |
| | Antese | 287 | 325 | 289° | 297° | 17/10 | 25/10 | 91° | 88° | 0,29 | 0,30 | 5,1E-11*,** | < 1E-12*,** |
| | Fruto Verde | 226 | 220 | 289° | 301° | 17/10 | 29/10 | 85° | 70° | 0,33 | 0,48 | 1,9E-11*,** | < 1E-12*,** |
| | Fruto Maduro | 88 | 78 | 296° | 307° | 24/10 | 04/11 | 52° | 48° | 0,67 | 0,71 | < 1E-12*,** | < 1E-12*,** |
| | Herbivoria FJ | 481 | 349 | 269° | 246° | 27/10 | 04/09 | 98° | 98° | 0,23 | 0,23 | 4,9E-12*,** | 8,1E-09*,** |
| | Herbivoria FM | 710 | 717 | 284° | 285° | 12/10 | 13/10 | 174° | 191° | 0,01 | 0,00 | 0,932 | 0,989 |

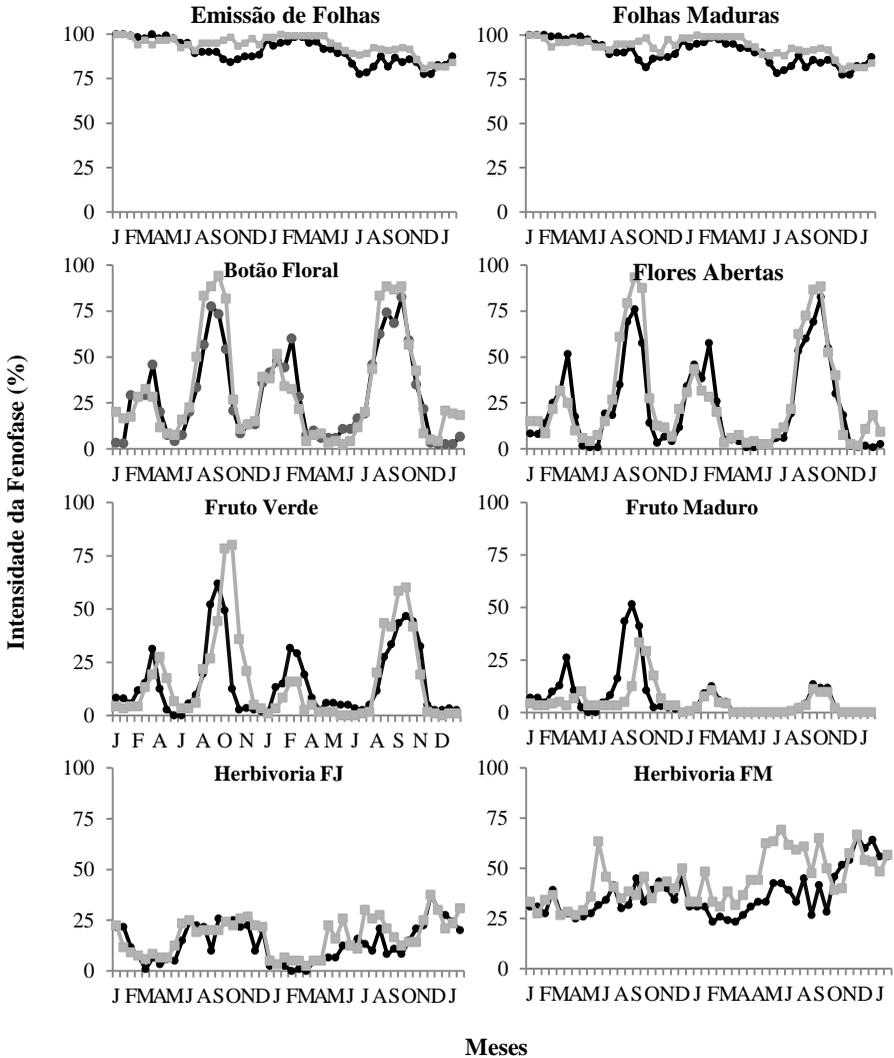


Figura 26: Fenogramas do percentual de intensidade de Fournier referente às fenofases vegetativas e reprodutivas de *Varronia curassavica* Jacq., e herbivoria foliar no período de janeiro de 2014 a janeiro de 2015, avaliadas nas restingas da Joaquina (■) e do Campeche (●) Florianópolis/SC.

A herbivoria foliar foi registrada em todos os indivíduos avaliados, em ambas as populações (Figuras 24, 26). Em folhas jovens, um maior número de indivíduos apresentou herbivoria entre o período de junho a dezembro, com uma pequena variação entre as áreas, porém não significativa ($t = -1,63$; $p > 0,05$). A intensidade foi baixa ao longo de todo ano, não ultrapassando 38% nos dois anos. Janeiro a abril foi o período de menor registro para esta atividade, bem como de menor intensidade. O tipo de dano mais comum observado nas folhas jovens foi corte (Figura 27). O pico de herbivoria em folhas jovens foi sazonal e significativo para o mês de outubro - novembro (Tabela 12). Quanto às folhas maduras, todos os indivíduos apresentaram danos ao longo de todo ano, sem definição de picos distintos ao longo do período de avaliação e sem sazonalidade (Figuras 24, 26). Na comparação entre populações, a herbivoria foi significativamente mais intensa na Joaquina ($t = 2,71$; $p < 0,05$). Nas folhas maduras foi possível detectar danos como minação, perfuração e corte (Figura 27). Devido à baixa variação, o teste de Rayleigh não foi significativo, não apresentando, portanto, data média para herbivoria.

Foi detectada correlação significativa e positiva entre herbivoria e as fenofases vegetativas no segundo ano de avaliação (Tabela 13).

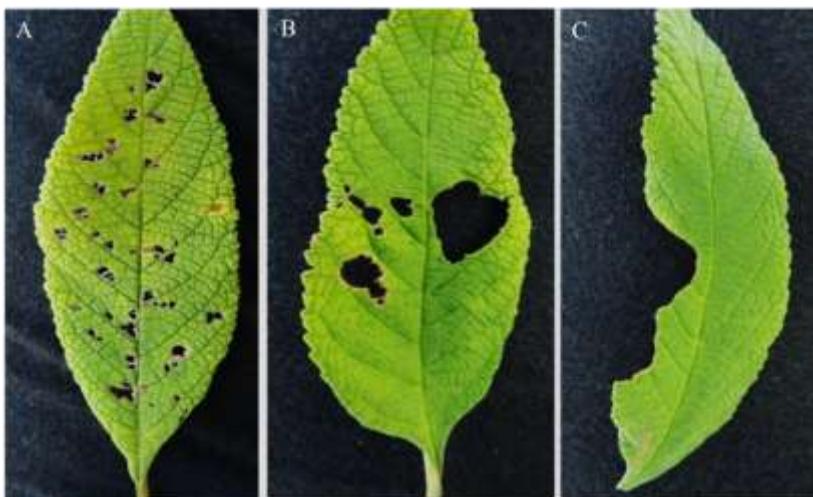


Figura 27: Danos causados pela herbivoria foliar em *Varronia curassavica* Jacq. A) Minação; B) perfuração e C) corte.

Tabela 14: Correlação de Spermann (r) entre as fenofases, herbivoria foliar, e as variáveis climáticas, anos de 2014 e 2015, Florianópolis/SC. T min = Temperatura Mínima; T med. = Temperatura Média; T Mx. = Temperatura Máxima; Precipitação; Fotoperíodo; H = Herbivoria; HFJ = Herbivoria Folha Jovem HFM = Herbivoria Folha Madura. * = $p < 0,05$.

| | T mín | | T med | | T max | | Precipitação | | Fotoperíodo | | HFJ | | HFM | | |
|-----------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 | |
| CAMPECHE | Emissão | - | -0,31 | - | -0,34 | - | -0,24 | - | -0,12 | - | -0,33 | - | -0,33 | - | -0,05 |
| | Folha madura | - | -0,31 | - | -0,34 | - | -0,24 | - | -0,12 | - | -0,33 | - | -0,33 | - | -0,05 |
| | Botão Floral | 0,02 | -0,24 | -0,00 | -0,19 | 0,03 | 0,02 | -0,20 | 0,35 | 0,05 | -0,06 | 0,13 | -0,42 | -0,04 | -0,21 |
| | Flores Abertas | 0,15 | -0,06 | 0,12 | 0,01 | 0,10 | 0,22 | -0,22 | 0,37 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | -0,41 | 0,06 | 0,14 |
| | Fruto Verde | 0,12 | -0,05 | 0,07 | -0,08 | 0,01 | -0,01 | -0,11 | 0,55 | 0,19 | 0,16 | 0,03 | -0,30 | 0,02 | -0,46 |
| | Fruto Maduro | 0,08 | 0,22 | 0,09 | 0,17 | 0,04 | 0,02 | -0,34 | 0,39 | 0,32 | 0,20 | 0,20 | 0,58 | -0,37 | -0,72 |
| | HFolha Jovem | -0,31 | -0,13 | -0,35 | -0,20 | -0,12 | -0,01 | -0,10 | -0,06 | 0,05 | 0,22 | - | - | - | - |
| | H Folha Madura | -0,41 | -0,44 | -0,44 | -0,43 | -0,38 | -0,22 | 0,09 | -0,21 | -0,44 | -0,15 | - | - | - | - |
| JOAQUINA | Emissão | - | -0,40 | - | -0,44 | - | -0,39 | - | 0,03 | - | -0,53 | - | -0,38 | - | 0,70* |
| | Folha madura | 0,09 | -0,40 | -0,06 | -0,44 | 0,08 | -0,39 | -0,19 | 0,03 | 0,20 | -0,53 | 0,41 | -0,38 | 0,36 | 0,70* |
| | Botão Floral | -0,12 | -0,19 | -0,14 | -0,13 | 0,07 | 0,11 | 0,04 | 0,38 | 0,03 | 0,07 | 0,12 | -0,11 | 0,18 | 0,44 |
| | Flores Abertas | 0,00 | -0,20 | -0,04 | -0,13 | 0,17 | 0,09 | -0,08 | 0,41 | 0,16 | 0,06 | 0,07 | -0,16 | 0,29 | 0,43 |
| | Fruto Verde | 0,03 | -0,25 | -0,02 | -0,25 | 0,02 | -0,05 | -0,24 | 0,45 | 0,15 | 0,05 | 0,04 | -0,09 | 0,21 | 0,39 |
| | Fruto Maduro | 0,11 | -0,26 | 0,06 | -0,29 | -0,04 | -0,22 | -0,13 | 0,54 | 0,27 | 0,13 | 0,26 | -0,06 | 0,21 | 0,25 |
| | HFolha Jovem | -0,42 | -0,24 | -0,48 | -0,37 | -0,44 | -0,33 | 0,02 | -0,04 | -0,04 | -0,12 | - | - | - | - |
| | H Folha Madura | -0,19 | -0,50 | -0,27 | -0,48 | -0,06 | -0,21 | -0,43 | 0,16 | 0,12 | -0,32 | - | - | - | - |

2.5. DISCUSSÃO

As fenofases estudadas não apresentaram correlação significativa com as variáveis climáticas, embora tenha sido observada sazonalidade para as mesmas. Estudos têm demonstrado que em ambientes pouco sazonais, como o das áreas estudadas, os fatores ambientais devem influenciar em menor grau as fenofases quando comparado ao que acontece em áreas com sazonalidade marcada (vide Koptur et al., 1988; Morellato & Leitão-Filho, 1990; Talora & Morellato, 2000), o que sugere que outros fatores, além dos climáticos, devem influenciar na periodicidade das mesmas. Para espécies tropicais, fatores endógenos, além de pressões seletivas e bióticas, podem desempenhar importante papel na determinação fenológica (Borchert, 1980; Tarola & Morellato, 2000; Medeiros et al., 2007).

A reposição foliar, marcada pela constante emissão de folhas, e também a presença de folhas maduras ao longo de todo o período observado podem ser estrategicamente vantajosas para a espécie, pois, permitem a manutenção da taxa fotossintética ao longo de todo ano (Jackson, 1978). A perda de folhas em alguns indivíduos, que ocorre de forma pouco sincrônica e diferente entre as populações demonstra que aparentemente não há um padrão que possa ser observado. A abscisão foliar tem sido frequentemente associada à sazonalidade climática, onde as espécies costumam perder suas folhas em estações secas bem definidas (Frankie et al., 1974; Morellato et al., 1989; Morellato, 1995). Para *V. curassavica*, tal questão parece estar relacionada antes a fatores como a idade e a pressões bióticas.

A floração da espécie pode ser observada em baixa intensidade ao longo de praticamente todo o ano, porém, com dois picos de intensidade e sazonalidade marcada, que coincide com o período de aumento gradual de temperatura e fotoperíodo. Estudos realizados por Morellato (1991), Tarola e Morellato (2000) e Staggemeier et al. (2007) sugerem que a floração seria desencadeada pelo aumento do fotoperíodo, temperatura e umidade na transição da estação seca para a úmida. Para *V. curassavica*, picos de florescimento nesta época do ano apresentaria vantagens como o aumento da disponibilidade de luz, da quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas e da atividade dos animais polinizadores (Morellato, 1991; Morellato & Leitão-Filho, 1992).

A sobreposição de estratégias de florescimento onde a espécie mantém um padrão contínuo de floração com mais de um pico de florescimento anual permite a regulação do fluxo de pólen e a manutenção de polinizadores ao longo de todo o ano, favorecendo

cruzamentos aleatórios entre grupos de indivíduos distintos e uma ampla guilda de visitantes florais. Regular o fluxo de pólen inclui evitar autopolinização por meio da redução do número de flores por dia e promover o movimento de polinizadores entre as plantas (Sakai, 2001). Ao mesmo tempo, os picos de elevada intensidade e sincronização marcam períodos distintos do ano em que a atração dos polinizadores é potencializada, reduzindo assim, uma polinização incerta (Augsburger, 1980). Assim, a estratégia de sobreposição destes padrões tende a maximizar a possibilidade de fecundação cruzada e favorecer o fluxo gênico da espécie.

Guimarães (2006) caracterizou a fenologia reprodutiva de espécies vasculares na mesma área do presente estudo e demonstrou que, para a maioria das espécies, a fase reprodutiva ocorre durante o verão, com períodos de floração e de frutificação longos, superiores a cinco meses. Para *V. curassavica* a mesma autora registrou vários eventos de floração e frutificação ao longo de todo o ano. De fato, o florescimento sincronizado de espécies diferentes pode facilitar a polinização por meio do aumento da densidade de recursos e atração de polinizadores locais (vide Schemske, 1981; Sakai et al., 1999).

Medeiros et al. (2007) estudaram a fenologia de espécies lenhosas em área de restinga, no nordeste do Brasil (Pernambuco), e observaram que, além da maioria das espécies terem mais de um evento de floração ao longo do ano, elas apresentaram baixo nível de sincronia entre os indivíduos, e tal resultado é atribuído pelos autores a diferenças de micro-habitat. Tal questão pode estar relacionada às diferenças observadas entre as populações estudadas, que embora próximas, demonstraram variação no período e na intensidade das fenofases reprodutivas.

A frutificação apresentou padrão similar ao da floração, com picos entre fevereiro e março e entre agosto e novembro para fruto verde. Já a maturação dos frutos se estendeu até abril, no primeiro pico. Consonante com a floração a baixa sazonalidade climática oferece condições um pouco menos restritivas para o desenvolvimento e para a maturação dos frutos ao longo do ano (San Martín-Gajardo & Morellato, 2003).

Comparada à quantidade de registros de floração e frutos verdes, a maturação foi observada em poucos indivíduos e em intensidade menor, com diferenças entre as populações avaliadas. Também foi significativamente menor no segundo ano de avaliação, cuja pluviosidade foi aproximadamente três vezes superior ao primeiro ano,

no período da fenofase. A produção de flores e frutos pode sofrer alterações causadas por intensa pluviosidade, como a inibição da atividade dos polinizadores ou o dano às estruturas reprodutivas (Newstrom et al., 1994), e assim interferir no florescimento. Como as diferenças foram encontradas na fase de maturação, esta baixa intensidade de frutos maduros em relação aos frutos imaturos poderia ser resultado da rápida remoção por animais frugívoros. Além disso, o acompanhamento do desenvolvimento de inflorescências de *V. curassavica* demonstrou que a espécie apresenta um elevado número de abortos, tanto de flores quanto de frutos vide capítulo 3 e Hoeltgebaum et al. (2017). Entre as hipóteses mais aceitas para explicar a ocorrência de abortos de frutos está a seleção de paternidade do zigoto (Bawa & Webb, 1984). Para *V. curassavica*, a autoincompatibilidade intramorfos, típica de espécies heterostílicas (Opler et al., 1975) pode ser um dos fatores que contribua expressivamente para este resultado.

A constante presença de herbivoria nas populações avaliadas se evidenciou ao longo de todo o período acompanhado, tanto em folhas jovens, quanto nas folhas maduras. A maior diversidade e intensidade de danos foram encontradas nas folhas maduras. Folhas maduras além de terem maior área foliar, acumulam os danos, já que permanecem nessa condição por muito mais tempo do que as folhas em transição de crescimento. Além disso, folhas jovens podem apresentar maiores quantidades de taninos, terpenóides e toxinas, o que pode comprometer o desenvolvimento e a sobrevivência dos herbívoros (Fernandes, 1994; Gómez et al., 1999). Os diferentes tipos de danos encontrados nas folhas demonstram que a espécie é procurada por uma grande diversidade de herbívoros, que a utilizam ao longo de todo o ano.

Segundo Coley (1983) e Angelo & DalMolin (2007), a herbivoria pode influenciar no sucesso reprodutivo, na sobrevivência e na fenologia foliar. Contudo, apesar de ter sido registrado danos na maior parte dos indivíduos, os resultados apontaram ausência de correlação entre a herbivoria e a maioria das fenofases. Por outro lado, no segundo ano de avaliação houve uma correlação positiva entre a herbivoria e as fenofases vegetativas. Segundo Aide (1993), a produção simultânea de folhas pode ser uma das estratégias para resistir a herbivoria, já que a sincronicidade da brotação faz com que alguns escapem da herbivoria (Lieberman & Lieberman, 1984). Como a fenologia vegetativa apresentou pouca variação, para as populações estudadas, tal correlação pode ser também influência da quantidade de indivíduos que apresentaram abscisão de folhas. Esta última parece estar relacionada

antes com a idade do que com herbívoros, já que os danos observados não provocam desfolhamento na espécie.

Tanto para a herbivoria quanto para as fenofases avaliadas nas duas áreas, pôde-se observar que apesar da espécie manter um padrão, há uma pequena variação no número de indivíduos que apresenta a fenofase e, na intensidade das mesmas. Esta variação entre as áreas reflete a variação individual presente nas populações, que pode estar relacionada a fatores endógenos da planta ou a singularidades do micro-habitat (Newstrom et al., 1994), como também a umidade no solo e concentração de nutrientes (Wielgolaski, 2001; Dahlgren et al., 2007).

2.6. CONCLUSÕES

A emissão foliar constante, e a presença de folhas maduras disponíveis ao longo de todo o ano são indicativos do potencial de regeneração e da reposição que a espécie apresenta, característica importante quando considerado o uso a partir deste recurso.

A estratégia de florescimento nas populações avaliadas permite a regulação do fluxo de pólen e a manutenção de polinizadores ao longo de todo o ano, favorecendo cruzamentos aleatórios entre grupos de indivíduos distintos e uma ampla guilda de visitantes florais. Ao mesmo tempo, os picos de elevada intensidade e sincronização marcam períodos distintos em que a atração dos polinizadores é potencializada. A sobreposição destes padrões tende a maximizar a possibilidade de fecundação cruzada e favorecer o fluxo gênico da espécie.

A manutenção deste padrão para a frutificação contribui para a sustentação da fauna dispersora, ao longo de todo o ano e consequentemente traz implicações importantes para o fluxo gênico por meio das sementes.

A baixa produção de frutos maduros pode estar refletindo singularidades do sistema reprodutivo da espécie, tais como a presença de mecanismos de autoincompatibilidade, além de estar associada a uma rápida remoção destes pela fauna.

A presença de herbivoria ao longo de todo o ano e os vários tipos de danos registrados permite inferir sobre a importância da espécie para a alimentação e manutenção de diferentes insetos na área, além daqueles polinizadores e dispersores. Apesar de ocorrer danos na maior parte dos

indivíduos, os resultados não evidenciaram influência nos diferentes ciclos reprodutivos ou vegetativos da espécie.

De modo geral, o estudo também contribui para o conhecimento da vegetação da restinga, que se evidencia como complexa e singular, onde as interações entre ambiente, flora e fauna podem ter relevante influência na manifestação das diferentes fases dos ciclos de vida das espécies.

CAPÍTULO 3

BIOLOGIA REPRODUTIVA DE *Varronia curassavica* Jacq.: RECURSO ESTRATÉGICO NA RESTINGA



*“Disse a flor para o pequeno príncipe:
é preciso que eu suporte duas ou três
larvas se quiser conhecer as borboletas”.*
Antoine de Saint-Exupéry

3.1. RESUMO

Este estudo buscou avaliar aspectos da biologia reprodutiva da espécie. Para tanto foi realizada a caracterização morfológica, acompanhado os eventos de floração, avaliada a disponibilidade de néctar e pólen, registrado a presença e comportamento de visitantes florais e dispersores, e estimada a taxa de cruzamento, por meio da avaliação de genótipos provenientes de progênies e matrizes utilizando-se 8 *loci* microssatélites. A espécie apresentou heterostilia e protoginia. A antese é diurna e a duração das flores é inferior a um dia. A curta duração das flores é compensada pela disponibilidade prolongada do recurso. O elevado número de aborto de flores e frutos sugere que mecanismos como a autoincompatibilidade intramorfos e o fácil desprendimento das flores estejam contribuindo para uma produção reduzida de frutos. Os visitantes florais foram diversos, caracterizando uma síndrome de polinização generalista. Diptera, Hymenoptera e Lepidoptera foram as ordens de visitantes com maior riqueza de espécies e maior frequência. O principal recurso buscado foi néctar. Os frutos foram dispersos predominantemente por pássaros e por formigas. De modo geral, a espécie disponibiliza recursos para importantes vetores de pólen e aves ao longo do ano, muitos dos quais atuam como polinizadores de diversas outras espécies na área de restinga. Logo, a manutenção destas interações é imprescindível, tanto para as populações naturais de *V. curassavica*, quanto para a conservação deste ecossistema. Análises do sistema de cruzamento indicaram que *V. curassavica* é tipicamente alógama ($\hat{t} = 0,98$; razão P:O = 7.087,50), evidenciando que os mecanismos de autoincompatibilidade se mantêm na população sob a existência da poliploidia. A manutenção de tal mecanismo dependerá do balanço de poliplóides auto compatíveis que podem ingressar futuramente nesta população.

Palavras-chave: dispersão, heterostilia, polinização, recursos florais, reprodução, taxa de cruzamento.

3.2. INTRODUÇÃO

O conhecimento da biologia reprodutiva de plantas é importante para prever a capacidade de sobrevivência de uma espécie, uma vez que contribui na identificação dos fatores que afetam a reprodução e manutenção de suas populações (Rodriguez-Perez, 2005), além de contribuir para o entendimento de padrões de fluxo gênico e diferenciação genética destas (O'Malley et al., 1988; Bawa, 1992). Logo, esta compreensão é base para fundamentar e subsidiar ações de conservação e uso sustentável de plantas (Nazareno & Reis, 2012; Mariot et al., 2014).

Dentre os diversos aspectos associados à biologia reprodutiva de plantas, a morfologia floral de uma espécie pode influenciar no acesso aos recursos e na eficiência na busca destes pelos visitantes florais (Inouye, 1980). Portanto, as características morfológicas e ecológicas das plantas estão intimamente relacionadas aos agentes polinizadores, e os estudos destas características contribuem para o entendimento da ecologia reprodutiva (Faegri & Van der Pijl, 1979).

As interações que ocorrem entre polinizadores e as plantas dependem principalmente da biologia das espécies envolvidas, como época e duração de florescimento, horário da antese floral, tipo de recurso que é disponibilizado ao polinizador, morfologia da flor e do visitante, hábito e estratégia do animal durante a visita, além da proximidade da área de vida do polinizador (Faegri & Van der Pijl, 1979; Proctor et al., 1996).

Compreender os fatores que interferem na polinização e no sucesso reprodutivo de uma espécie implica em também conhecer a viabilidade, longevidade e a quantidade de pólen produzido por uma planta (Kearns & Ynouye, 1993). A quantidade de pólen pode estar associada ao sistema reprodutivo da planta, sendo que estudos apontam que plantas com eficiente mecanismo de transferência de pólen não necessitam produzir grandes quantidades do mesmo (Cruden, 1977).

Assim, dentre a complexidade de fatores envolvidos na biologia reprodutiva de uma planta, o sistema de cruzamento pode ser determinado tanto pelo comportamento de forrageamento de polinizadores (Hirao et al., 2006), quanto pela fenologia e a densidade da floração (Oddou-Muratorio et al., 2006). Além destes, o sistema de cruzamento também pode ser determinado por fatores genéticos, dentre os quais cabe destacar aqueles relacionados ao grau de autoincompatibilidade (Karron et al., 1997; Goodwillie et al., 2005).

Varronia curassavica Jacq. (Boraginaceae) é uma espécie hermafrodita que apresenta mecanismos que forçam a fecundação cruzada, como a heterostilia (Opler et al., 1975; Ganders 1979; Taisma & Varela, 2005). A heterostilia em *Varronia* tem sido registrada desde Darwin (1877), sendo considerada comum para diferentes gêneros de Boraginaceae (Opler et al., 1975). Espécies com esta característica apresentam incompatibilidade intramorfos sendo que na maioria das vezes, apenas os cruzamentos entre flores de morfos distintos são capazes de produzir progênie viável (Barrett, 2002; Barrett, 2003). Estudos têm demonstrado, no entanto, que a restauração da autocompatibilidade pode ocorrer naturalmente em algumas espécies ou surgir como resultado da poliploidização (Schifino-Wittmann & Dall'agnol, 2002). A poliploidia pode afetar ou mesmo impedir as reações de autoincompatibilidade por meio de alterações no balanço genético nas espécies (Entani et al., 1999; De Nettancourt, 2000), e frequentemente tem sido relacionada ao aumento da autocompatibilidade (Galloway et al., 2003).

Mudanças na compatibilidade associadas com a poliploidia podem resultar em alterações no sistema de cruzamento (Galloway et al., 2003). Os efeitos provenientes destas alterações, como o aparecimento de depressão endogâmica, ainda são pouco conhecidos em espécies poliplóides e um tanto contraditórios (vide Husband & Schemske, 1997; Dudash & Fenster, 2001; Galloway et al., 2003; Galloway & Etterson, 2007; Barringer & Geber, 2008).

A poliploidia está presente em diversas espécies da família Boraginaceae (Mable, 2004; Meeus et al., 2012; Coppi et al., 2014) e também em *V. curassavica*, caracterizada como autotetraplóide (vide capítulo 4). A avaliação do sistema de cruzamento em populações poliplóides de *V. curassavica*, aliada aos diversos aspectos da biologia reprodutiva é importante para elucidar até que ponto, os mecanismos de autoincompatibilidade são mantidos nestas populações e como estes podem influenciar na manutenção das suas populações em seu ambiente de ocorrência.

Apesar da relevância e do uso continuado da espécie existe ainda uma grande lacuna no conhecimento da sua autoecologia, onde poucos trabalhos foram desenvolvidos sobre a biologia reprodutiva (vide Opler et al., 1975; Brandão et al., 2015).

Neste contexto, este estudo teve como objetivo responder as seguintes questões: a) quais são características da floração da espécie? b) quais recursos a espécie disponibiliza para os visitantes florais? c) as

características morfológicas da flor definem uma síndrome específica de polinização? d) a espécie mantém a heterostilia na população avaliada e/ou dispõe de outros mecanismos florais que contribuam para a restrição ou prevenção da autofecundação? e) quais são os visitantes florais e seus potenciais polinizadores? f) qual o tipo de sistema reprodutivo da espécie? g) quem realiza a dispersão dos seus frutos?

3.3. MATERIAL E MÉTODOS

3.3.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido em área de restinga herbáceo-arbustiva da Praia da Joaquina, localizada no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição - PMDLC (27°37'46.19"S; 48°27'1.59"W), ao leste de Florianópolis - Santa Catarina (vide item 4. Áreas de estudo).

3.3.2. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA

Foram utilizadas cinco flores de dez indivíduos (cinco indivíduos de cada morfotipo floral, associado à heterostilia) e tomadas às medidas de comprimento da flor (medida do cálice e corola), do cálice, da corola, do tubo, do gineceu e androceu, diâmetro de abertura do tubo da corola, realizadas com auxílio de paquímetro, e contados o número de estames e pétalas (Figura 28). Para análise dos dados, foram empregadas estatísticas descritivas. O teste t-student (t ; $p < 0,05$) foi utilizado para detectar possíveis diferenças das características florais entre os morfotipos encontrados.

A exsicata da espécie está depositada no herbário FLOR da Universidade Federal de Santa Catarina, sob o voucher FLOR 20081.

3.3.3. ACOMPANHAMENTO DA FLORAÇÃO E RECURSOS FLORAIS

Foram marcadas 50 inflorescências (cinco em 10 indivíduos) e tomadas medidas do tamanho, além da contagem do número de botões por inflorescência, flores abertas, senescentes, número de frutos imaturos e maduros. As avaliações foram realizadas em intervalos de três dias, durante 49 dias.

O acompanhamento da antese e duração floral (considerado da abertura ao murchamento da corola) foi realizado por meio de observações contínuas de botões florais em pré-antese, registrando-se o

horário de abertura, o tempo de duração das flores e alterações na morfologia floral. A receptividade do estigma foi testada desde a pré-antese até o murchamento floral com Sudam III glicerinado, em 10 flores de diferentes indivíduos.

A liberação do pólen foi avaliada em 50 flores de 10 indivíduos, por meio de observações diretas em campo, tocando suavemente as anteras com um microcapilar de vidro a cada duas horas.

Para registrar a secreção de néctar potencial foram ensacadas 10 inflorescências, com flores em pré-antese, de diferentes indivíduos e, após 24 horas foram efetuadas as medições em 50 flores (cinco de cada inflorescência). A produção de néctar instantâneo foi avaliada em três dias e em 50 flores de 10 indivíduos. Para tanto, as medições iniciaram com flores em pré-antese sendo repetidas a cada duas horas, durante o período de duração da flor. Tais medições foram realizadas com auxílio de microcapilares (1 μ L) e a quantificação seguiu o proposto por Dafni (1992).

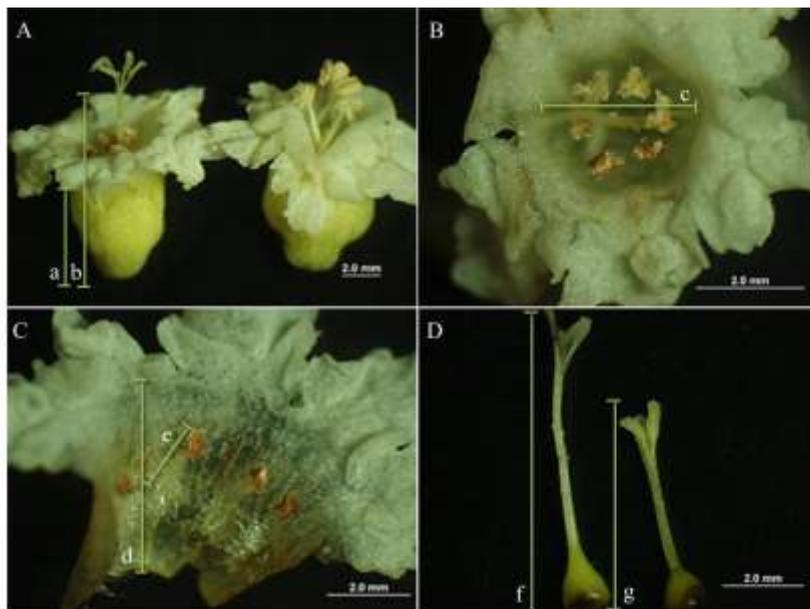


Figura 28: Medidas realizadas para caracterização da morfologia floral de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae). A) a. medida do comprimento do cálice, b. medida comprimento da flor; B) medida do diâmetro de abertura do tubo da corola; C) d. medida do comprimento do tubo, e. medida do androceu; D) f.g. medida do gineceu. Fotos: Marcia Patricia Hoeltgebaum.

3.3.4. VISITANTES FLORAIS E DISPERSORES

Para o registro dos visitantes florais foram realizadas observações em diferentes horários do dia, durante o pico de floração da espécie em indivíduos distintos. As observações foram realizadas em nove dias, entre os meses de outubro 2014 a março de 2015, compreendendo o período das 05h00 às 21h30. Para cada visita foi registrada a espécie (morfortipo), o comportamento de forrageamento dos visitantes (recurso coletado, contato com as peças florais e interações agonísticas) e o horário e frequência de visitas. Os horários apresentados neste estudo não levaram em conta o horário de verão.

Os visitantes florais foram categorizados como:

- *polinizador* - insetos que tocaram as estruturas reprodutivas visitaram várias flores e de indivíduos distintos, além de apresentarem pólen da espécie no corpo;
- *polinizador eventual* - aqueles que podem polinizar a espécie, mas que apresentaram baixa frequência de visitação e/ou que buscaram outro recurso além de pólen ou néctar;
- *polinizador potencial* - aqueles que, devido ao forrageio poderiam encostar nas estruturas reprodutivas e carregar pólen, mas que não foram visualizados transportando pólen para outras plantas;
- *visitante* - aqueles que visitaram as flores mas que não chegaram a tocar as estruturas reprodutivas.

Os visitantes florais observados foram capturados, quando necessário, com auxílio de rede entomológica e transferidos para um tubo mortífero. Para identificar a presença de pólen no corpo, os insetos foram analisados sob lupa estereoscópica e fotografados. Os espécimes coletados foram depositados na coleção do Laboratório de Entomologia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A identificação das espécies foi realizada com apoio de especialistas e seguiu a classificação proposta por Triplehorn & Johnson (2013).

Paralelo às observações dos visitantes florais e acompanhamento floral, foram realizadas observações diurnas dos dispersores, em diferentes horários do dia e de forma assistemática. Para registro e identificação foram utilizadas fotografias, consulta a especialistas e bibliografia especializada.

3.3.5. SISTEMA REPRODUTIVO

3.3.5.1. Razão pólen/óvulo e viabilidade polínica

A quantificação dos grãos de pólen foi realizada a partir de dez flores obtidas de indivíduos distintos. Foram retiradas quatro anteras por flor, coradas com Carmin Acético 2% e armazenadas em tubos eppendorf® de 2 ml, um para cada planta; maceradas, e diluídas em 500 µl de ácido láctico, concentração de 85%. Para a contagem dos pólenes foi utilizada Câmara de Neubauer, onde foram utilizadas sub amostras de 10 µl de cada flor amostrada. As lâminas foram avaliadas sob microscópio ótico com aumento de 12X. O número médio de grãos de pólen por antera foi obtido por meio do número médio de esporos obtidos nos quatro quadrados laterais da Câmara, multiplicado por 104, totalizando assim quatro repetições para cada flor. O número de grãos de pólen por flor foi estimado multiplicando-se o número médio de grãos de pólen por antera pelo número de anteras por flor. O número de óvulos foi determinado a partir de cinco flores. Os carpelos foram cortados longitudinalmente e analisados em estereomicroscópio (16X), e contados o número de óvulos por loco/flor e calculados a média e o desvio padrão para o número de óvulos por loco e por flor. A razão pólen/óvulo (P/O) foi calculada de acordo com Cruden (1977), onde foi dividido o número médio de grãos de pólen por flor pelo número médio de óvulos.

A viabilidade do pólen foi testada por meio do método colorimétrico (Dafni, 1992), onde os grãos de pólen foram corados com Carmin Acético 2% sobre lâmina, ligeiramente aquecida e observada sob microscópio ótico, aumento de 10X, sendo considerado viável aqueles cujo citoplasma corou de vermelho. Para tanto, foram utilizadas flores de dez indivíduos distintos (quatro campos de visão).

3.3.5.2. Cruzamentos controlados e taxa de cruzamento

O sistema reprodutivo foi determinado por meio de experimentos realizados em campo a partir de cruzamentos controlados, e pela estimativa da taxa de cruzamento, obtida por meio de análise dos genótipos de progênes e genótipos maternos (Figura 29).

Para a implantação do experimento em campo foram utilizados dez indivíduos, e marcadas cinco inflorescências com arames de cores diferentes. Destas, quatro foram isoladas no estádio de botão floral com

sacos de tecido *voil*, e submetidas a um dos seguintes tratamentos: xenogamia (as pétalas dos botões receptores, em pré-antese foram abertas com pinça e a polinização realizada esfregando sobre o estigma receptor as anteras da flor recém-aberta da planta doadora); geitonogamia (as pétalas dos botões receptores, em pré-antese foram abertas com pinça e a polinização feita esfregando-se sobre o estigma receptor de uma flor recém-aberta da mesma planta, também isolada desde o estágio de botão floral); apomixia (as flores foram emasculadas e ensacadas) autopolinização espontânea (as inflorescências foram apenas mantidas isoladas com saco de *voil* até abertura de todos os botões florais). As inflorescências não isoladas foram utilizadas para a avaliação da polinização natural, e marcadas com o fio de cor correspondente ao tratamento, permanecendo expostas aos visitantes florais.

Os resultados foram comparados por meio do teste qui-quadrado (5%), considerando-se o número de flores tratadas *versus* números de frutos formados.

Para estimar a taxa de cruzamento foram avaliados genótipos provenientes de 283 progênes e de 16 matrizes amostradas aleatoriamente da população da Joaquina. As sementes coletadas foram mantidas imersas em água por 12 horas e despolpadas antes de serem colocadas para germinar em bandejas, em casa de vegetação.

O DNA genômico foi extraído de folhas das matrizes e progênes com o kit Nucleospin Plant II (250) (MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. KG), de acordo com instruções dos fabricantes. A genotipagem foi realizada por meio da amplificação de DNA via Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), utilizando-se oito *loci* microssatélites polimórficos desenvolvidos para a espécie por Figueira et al. (2010) (conforme apresentado no capítulo 1). Para amplificação dos *loci* foi utilizado DNA diluído na proporção 9:1 e utilizado Kit PCR KAPA (KAPA Biosystems), com volume de 10 µL por reação. O conjunto de ciclos e temperaturas utilizados foram 95 °C por 3 min para desnaturação, seguido de 30 ciclos, sendo cada ciclo composto por três fases: a primeira com 95 °C por 30 s, a segunda com a T de 61 °C s por 30 s e a terceira com 72 °C por 30 s para extensão, com extensão final a 72 °C por 30 min. Os *primers* foram marcados com fluorocromo FAM (azul), PET (vermelho), NED (amarelo) e VIC (verde) para os oito *loci* microssatélites formando 2 sistemas multiplex, com 4 *primers* por corrida. A eletroforese por capilar foi realizada a partir de 1µL do produto de PCR diluído em água ultra pura (15:2 µl) e adicionados 0,25 µL de GS600 LIZ® e 8,75 µL de formamida HIDIT™. A leitura dos

alelos foi realizada em sistema de detecção por fluorescência em sequenciador ABI 3500XL (Applied Biosystems), com 24 capilares. O software GeneMapper v.3.2 (Applied Biosystems) foi utilizado para a interpretação dos picos gerados nos eletroferogramas.

A taxa de cruzamento foi estimada indiretamente a partir do método de máxima verossimilhança, por meio da estimativa de parentesco par a par e coeficiente de coancestria individual para espécies poliplóides, conforme o proposto por Ritland (1996). O coeficiente de coancestria, considerado como a probabilidade de dois alelos de indivíduos tomados ao acaso serem idênticos por descendência (r), foi calculado com auxílio do software PolyRelatedness V1.6 (Huang et al., 2015). O estimador utilizado suporta genótipos ambíguos, ou seja, quando a dosagem de alelos de heterozigotos não são conhecidos. O coeficiente de coancestria obtido foi utilizado para calcular a taxa de cruzamento, conforme relação proposta por Wright (1921) entre a taxa de cruzamento e a endogamia, assumindo que a causa de endogamia na população é devida à autopolinização e que as populações alcançaram valores de equilíbrio para f :

$$\hat{t} = (1-f)/(1+f)$$

Onde: $f = r$



Figura 29: A) Marcação das flores e inflorescências ensacadas; B) implementação do experimento do sistema reprodutivo; C.D) Germinação das progênes de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae) em casa de vegetação.

3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1. CARACTERIZAÇÃO DA MORFOLOGIA FLORAL

Na população estudada a espécie apresentou inflorescências terminais, em espiga, que podem atingir oito cm de comprimento, multiflora (Figura 30). A raque é cilíndrica, levemente pubescente e sulcada na sua base; coloração esverdeada.

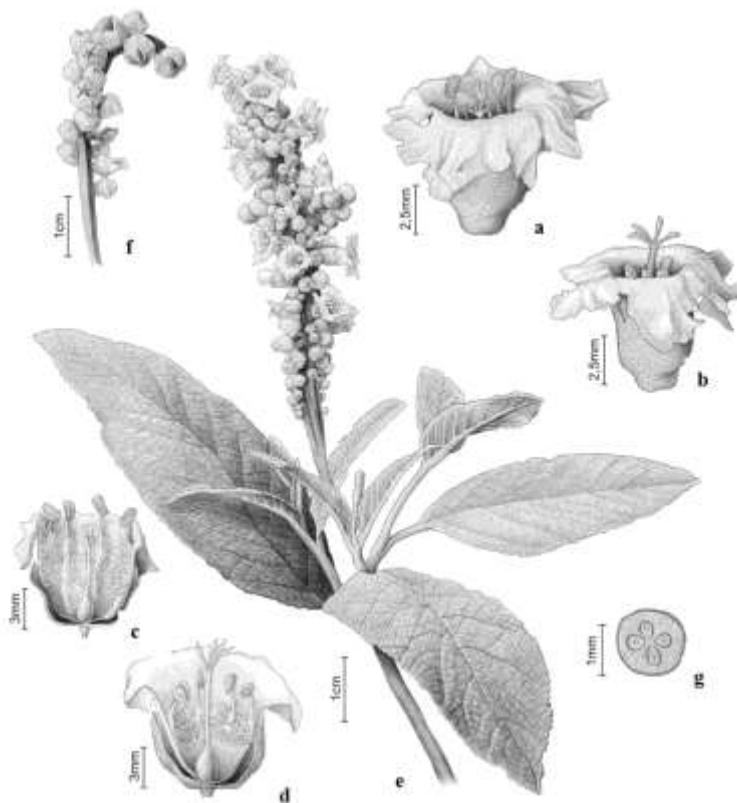


Figura 30: a-g. *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae) - flor brevistila; b. flor longistila; c. corte lateral de flor brevistila evidenciando as estruturas reprodutivas; d. corte lateral de flor longistila evidenciando as estruturas reprodutivas; e. ramo com inflorescência. Ilustração: Leandro Lopes de Souza.

As flores são sésseis, andróginas, gamopétalas, geralmente pentâmeras, podendo variar entre quatro a seis pétalas; levemente zigomorfas. O cálice é gamossépalo, lobado, com sépalas unidas por dois terços do seu comprimento; persistente no eixo da inflorescência, desprendendo-se apenas com o fruto maduro. Corola infundibuliforme, de coloração branca, lacínios obovados, denteados. Androceu constituído, em geral, por cinco estames, podendo variar de quatro a seis, inclusos nas flores longistila, epipétalos e inseridos na porção mediana do tubo. Anteras oblongas, livres, extrorsas com deiscência longitudinal; filetes apendiculados na base. Gineceu 4-locular, óvulos geralmente quatro. Estilete indiviso, estigma tetrafurcado, clavado. Nectário intrafloral. Fruto drupáceo, muscilaginoso, de coloração vermelha quando maduro. Semente geralmente uma.

O resultado da análise da morfologia floral evidenciou dois morfotipos florais distintos (Figura 30 c, d, Tabela 14). Quatro das nove medidas avaliadas apresentaram diferença estatística entre os morfotipos. Flores brevistilas apresentaram corola ($t = 2,96$; $p < 0,05$), comprimento do tubo ($t = 2,64$; $p < 0,05$) e comprimento do androceu ($t = 2,61$; $p < 0,05$) maiores que nas flores longistilas. Como esperado, flores longistilas apresentaram gineceu maior que os das flores brevistilas ($t = -10,56$; $p < 0,05$). O número de anteras, bem como o de pétalas variou de quatro a seis, nos dois morfotipos florais, sendo cinco o número mais frequente.

Tabela 15: Médias (mm) e desvio padrão (S) das características florais de *Varronia curassavica* Jacq. em área de restinga, Joaquina/Florianópolis-SC. (n = 50).

| Característica Floral | Brevistila ($\bar{x} \pm S$) | Longestilia ($\bar{x} \pm S$) |
|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Comprimento da Flor | 7,21 \pm 1,23 | 6,64 \pm 1,52 |
| Comprimento do Cálice | 4,44 \pm 0,49 | 4,16 \pm 0,53 |
| Comprimento da Corola | 5,65 \pm 0,62* | 5,12 \pm 0,66* |
| Comprimento do Tubo | 4,21 \pm 0,47* | 3,84 \pm 0,51* |
| Diâmetro de Abertura do Tubo | 3,16 \pm 0,52 | 2,98 \pm 0,53 |
| Número de Pétalas | 4,96 \pm 0,20 | 5,08 \pm 0,28 |
| Comprimento do Gineceu | 5,33 \pm 0,52* | 7,16 \pm 0,69* |
| Comprimento do Androceu | 4,24 \pm 0,61* | 3,48 \pm 1,32* |
| Número de Estames | 4,96 \pm 0,35 | 5,04 \pm 0,35 |

* $p < 0,05$ para comparação entre os morfotipos florais, empregado t-teste.

Os distintos morfotipos encontrados caracterizam a presença de heterostilia, que atua como um mecanismo de autoincompatibilidade, marcada pela existência de dois morfos florais, diferenciados pela separação espacial entre a altura do estigma e das anteras (Barrett, 1992). Tal característica é comum em Boraginaceae (Opler et al., 1975; Ganders, 1979). Contudo, variações da heterostilia podem ocorrer devido a situações desfavoráveis à polinização cruzada ou por meio de ineficiência ou ausência de polinizadores, ou ainda por perturbações ambientais (Sobrevila et al., 1983; Li & Johnston, 2001). Neste sentido, a mediação equilibrada da fauna polinizadora contribui para a manutenção da heterostilia e para a manutenção da própria população, uma vez que, na maioria das vezes, apenas os cruzamentos entre flores de morfos distintos produzem progênie viável (Barrett, 2002; Barrett, 2003).

A variação no número de pétalas e estames, entretanto, não é mencionada em estudos descritivos da espécie (Smith, 1970; Sánchez, 1995; Melo & Lyra-Lemos, 2008). Miller & Gottschling (2007) destacam, no entanto, que o táxon apresenta grande diversidade morfológica, em especial na arquitetura e tamanho da inflorescência (Sánchez, 1995), mas não há referência para as flores.

3.4.2. ACOMPANHAMENTO DA FLORAÇÃO E RECURSOS FLORAIS

As flores de *V. curassavica* tem duração inferior a um dia e sua antese é diurna. A Figura 31 ilustra o desenvolvimento e as alterações florais, bem como os respectivos horários em que acontecem. Em dias mais quentes a duração floral foi menor do que em dias de temperatura mais baixa, assim como a presença de ventos fortes pode influenciar o murchamento da corola. Os indivíduos da população avaliada apresentaram receptividade de estigma mesmo antes da antese floral, mas a liberação de pólen ocorreu somente após a abertura da corola. Tal estratégia (protoginia) pode ser considerada como um mecanismo promotor da fecundação cruzada.

Cerca de oito horas após a abertura das flores, a corola começou a apresentar os primeiros sinais de oxidação e murchamento (Figura 31), contudo a flor ainda mantém-se funcional, com estigma receptivo, disponibilidade de pólen e aumento na quantidade de néctar. Após o murchamento, a corola começou a desprender-se com facilidade. Com o anoitecer, a corola encontrou-se bastante oxidada, mas os verticilos

reprodutivos mantiveram-se funcionais, sendo que o estigma continuou receptivo até a manhã seguinte.

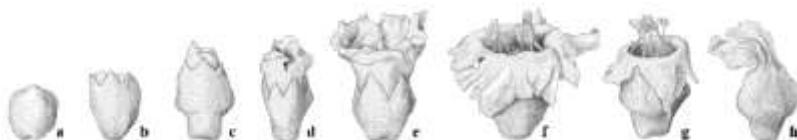


Figura 31: Desenvolvimento do botão floral de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae) a. botão floral; b. rompimento das sépalas (noite anterior à antese); c. início da antese, estigmas receptivos (06:00); d. corola exposta e lobos fechados; início da liberação de pólen e néctar (07:00); e. expansão e separação dos lobos; f. flor totalmente aberta (09:00); g. início do murchamento e oxidação floral (14:00); h. flor totalmente oxidada (18:00). Ilustração: Leandro Lopes de Souza.

A antese diurna e curta durabilidade das flores de *V. curassavica* são características comumente observadas em flores de Boraginaceae (Opler et al. 1975; Machado & Loiola, 2000). Tal característica poderia ser restritiva ao sucesso reprodutivo da espécie. Entretanto, a abertura gradual das flores, ocorrendo em diferentes dias, tende a prolongar o tempo que os recursos ficam disponíveis aos polinizadores.

A síntese do desenvolvimento das inflorescências acompanhadas está sumarizada na Figura 32 e é caracterizada por ser assincronica. Em uma mesma inflorescência, puderam ser observados ao mesmo tempo, botões florais, flores em anteses, flores senescentes e frutos verdes em formação. As flores não apresentaram um padrão de abertura na espiga, podendo ser encontradas flores abertas em qualquer ponto da inflorescência, intercaladas com botões em formação. Após um mês de avaliação, cerca de 50% das mesmas senesceram ou quebraram (Figura 32-a). A senescência foi observada em sua maior parte nos botões, que precederam a abscisão.

O incremento no crescimento das inflorescências foi contínuo durante um período de aproximadamente sete semanas. As inflorescências atingiram um tamanho médio de 4,5 cm ($\pm 0,29$ cm), alcançando até oito cm de comprimento. Inversamente ao crescimento, o número de 90 botões, registrados em média ($\pm 43,15$) por inflorescência decaiu a cada avaliação. O número de flores abertas por dia e de flores senescentes por inflorescência variou entre 0 a 12, e 0 a 13, respectivamente. A partir de três semanas foi registrada a formação de frutos verdes. De modo geral, a espécie apresentou elevado investimento

em botões florais, com reduzida formação de frutos, como evidenciado no acompanhamento fenológico (capítulo 2). Das 50 inflorescências avaliadas, apenas oito chegaram a apresentar frutos verdes, com máximo de cinco frutos por inflorescência (média = $0,7 \pm 0,3$). Nenhum dos frutos avaliados amadureceu.

O aborto de flores e frutos imaturos é considerado um fenômeno comum. Algumas das hipóteses mais aceitas para explicar estas ocorrências estão relacionadas com a limitação de polinizadores e recursos, com a seleção natural e paternidade do zigoto (Bawa & Webb, 1984). A autoincompatibilidade intramorfos, típica de espécies heterostúlicas, como a que ocorre em *V. curassavica* (Opler et al., 1975), pode ser um dos fatores que contribua para o elevado aborto de frutos observado para a espécie. Outro fator pode estar relacionado ao fácil desprendimento das flores, principalmente quando próximo ao término de sua antese.

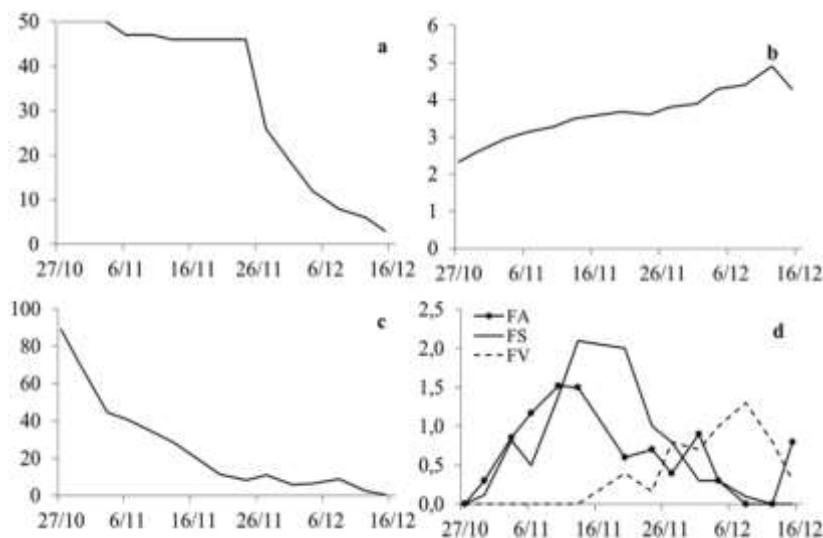


Figura 32: Acompanhamento do desenvolvimento da inflorescência de *Varronia curassavica* Jacq. a) Número de inflorescências mensuradas; b) comprimento da inflorescência (cm); c) número médio de botões; d) número médio de flores abertas (FA), número médio de flores senescentes (FS), número médio de frutos verdes (FV).

A espécie oferece tanto néctar quanto pólen como recurso para polinizadores, ambos disponíveis ao longo de todo o dia. A produção de néctar iniciou pela manhã, no momento da antese e cessou no fim da tarde, quando as peças florais começam a murchar e oxidar (Figuras 31 e 33). Não se verificou produção noturna de néctar.

O volume médio do néctar potencial foi de $0,40 \mu\text{L}/\text{flor}$ ($\pm 0,82 \mu\text{L}$) e o volume médio de néctar instantâneo apresentaram-se bastante variáveis ao longo dos diferentes dias de medição (Figura 33). O dia da primeira avaliação apresentou temperaturas amenas, da ordem dos 20°C , céu encoberto e ventos não passando de 3 na escala Beaufort, com média de néctar instantâneo de $0,093 \mu\text{L}/\text{flor}$ ($\pm 0,2 \mu\text{L}$). No segundo e terceiro dias de avaliação (néctar instantâneo = $0,010(\pm 0,02 \mu\text{L})$ e $0,003 \mu\text{L}/\text{flor}$ ($\pm 0,017 \mu\text{L}$) respectivamente), as temperaturas ficaram entre 28 e 32°C , com ventos chegando a 6 na escala Beaufort.

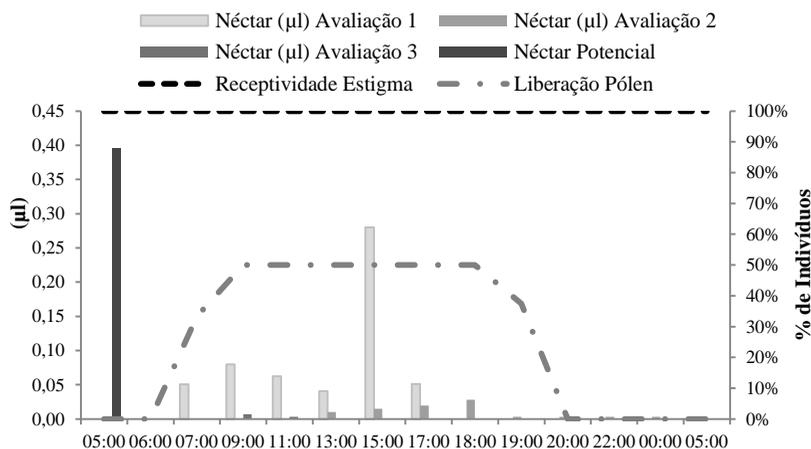


Figura 33: Volume médio de néctar potencial e instantâneo, em μL por flor, de *Varronia curassavica* Jacq., em diferentes datas e horários de coleta.

Os resultados obtidos sugerem menor quantidade de néctar em dias mais quentes e ventosos. O fato de o volume de néctar potencial ser bastante superior às médias de néctar instantâneo leva a crer que o néctar produzido é rapidamente evaporado, reduzindo assim os níveis observados nas medições.

3.4.3. VISITANTES FLORAIS

As flores de *V. curassavica* foram visitadas entre as 6:00 h e 18:00 h (Figura 34), correspondendo a praticamente todo o seu período de antese floral. Os horários de maior visitação foram entre às 10:00 h - 12:00 h e 15:00 h - 16:00 h. As guildas de visitantes florais demonstraram comportamentos distintos. Insetos das ordens Hymenoptera e Diptera foram mais frequentes no final da manhã e entre 15:00 h - 16:00h. Lepidoptera concentraram a maior parte das visitas entre 11:00 h - 14:00h, enquanto Coleoptera foram mais frequentes no período da manhã.

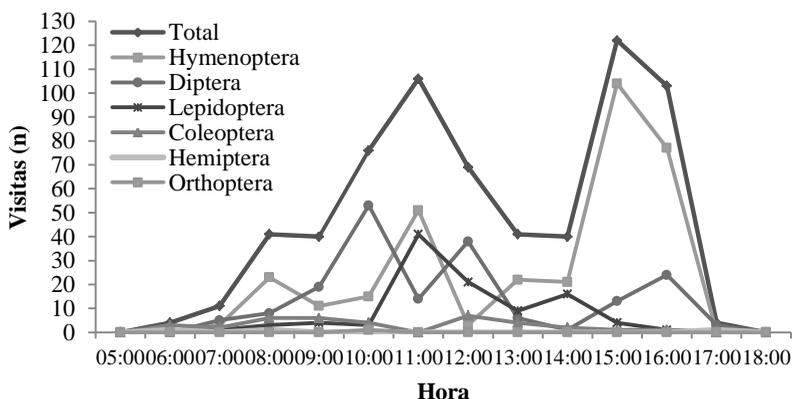


Figura 34: Atividade diária dos visitantes florais em *Varronia curassavica* Jacq., entre os meses de outubro e março de 2015, em área de restinga, Joaquina - Florianópolis/SC.

As flores foram visitadas por 63 espécies (morfotipos) da classe Insecta, agrupadas em seis ordens e 24 famílias, totalizando 655 visitas (Figura 35, Tabela 15). Diptera (30%), himenóptera (27%), e lepidóptera (21%) foram as ordens com maior riqueza de espécies entre os visitantes florais, correspondendo a 78% do total das espécies. Hymenoptera foi a ordem mais frequente, correspondendo a 50% das visitas, seguida por Diptera (29%) e Lepidoptera (16%) (Tabela 15). *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), responsável por 34% das visitas registradas, e *Palpada* sp. (Diptera: Syrphidae), responsável por 15% das visitas foram as duas espécies mais frequentes.

A presença de formigas (Hymenoptera), em especial as do gênero *Camponotus* foi constante, observadas nas inflorescências de todos os indivíduos amostrados. Assim como a presença de ninfas e adultos de

Miridae (Hemiptera) dentro das flores, antes mesmo de completar a antese. Por isso, a fim de não viesar os resultados, não foram considerados nas análises.

Dos visitantes amostrados, 21% foram classificados como polinizador, pertencente às famílias Apidae, Halictidae, Scoliidae (Hymenoptera), Syrphidae, Muscoidea (Diptera), Danaidae, Hesperidae e Nymphalidae (Lepidoptera) (Tabela 15). Dos demais, 37% foram classificados como polinizador eventual, 11% como potencial polinizador, e 31% como visitante floral. O principal recurso buscado pelos insetos foi néctar (Tabela 15).



Figura 35: Exemplos de visitantes florais de *Varronia curassavica* Jacq. P= polinizador; PE= polinizador eventual; PP = polinizador potencial; VF = visitante floral. Fotos da autora.

Tabela 16: Visitantes florais de *Varronia curassavica* Jacq., em área de restinga, Joaquina - Florianópolis/SC.

| Order/Family | Mo | N | Fr (%) | Resource | P. Cl. |
|--------------------|----|-----|--------|------------|--------|
| COLEOPTERA | | | | | |
| Chrysomelidae | 5 | 12 | 1,67 | FW, PO, NI | PE |
| Coccinellidae | 1 | 15 | 2,29 | FW, PO | PE |
| Dasytidae | 1 | 1 | 0,15 | PO | PE |
| Lampyridae | 1 | 2 | 0,31 | NI | VF |
| Scarabidae | 2 | 2 | 0,30 | NI, FW | PE |
| HYMENOPTERA | | | | | |
| Hymenoptera spp | 3 | 9 | 1,37 | NI,NE | VF |
| Apidae | 1 | 220 | 33,59 | NE,PO | PO* |
| Formicidae | 3 | C | | NI | PP |
| Halictidae | 1 | 30 | 4,58 | NE | PO* |
| Pepsidae | 2 | 5 | 0,77 | NI, PO | PE |
| Scoliidae | 2 | 34 | 5,19 | NI, PO | PO* |
| Sphecidae | 1 | 8 | 1,22 | EX | VF |
| Tiphiidae | 1 | 6 | 0,92 | NI | VF |
| Vespidae | 3 | 17 | 2,60 | PO, EX | VF |
| DIPTERA | | | | | |
| Diptera spp | 3 | 6 | 0,91 | NI, SA, NE | VF |
| Drosophilidae | 4 | 13 | 1,99 | SA, NE | PE |
| Ephydriidae | 1 | 1 | 0,15 | NE | PE |
| Muscoidae | 7 | 59 | 9,01 | NI, NE, SA | PO* |
| Syrphidae | 4 | 108 | 16,49 | NE | PO* |
| HEMIPTERA | | | | | |
| Miridae | 2 | C | | NE, PO, AB | PP |
| Pentatomidae | 1 | 1 | 0,15 | NE | PE |
| LEPIDOPTERA | | | | | |
| Lepidoptera spp. | 3 | 5 | 0,76 | NE, SA | PE |
| Danaidae | 1 | 5 | 0,76 | NE | PO* |
| Hesperiidae | 4 | 72 | 10,98 | NE, SA | PO* |
| Lycaenidae | 4 | 19 | 2,90 | NE, SA | PE |
| Nymphalidae | 1 | 3 | 0,46 | NE | PO* |
| ORTHOPTERA | | | | | |
| | 1 | 1 | 0,1 | FW | VF |

[Mo = número de morfotipos; N= número de visitas; Fr = frequência relativa; P. Cl. = Classificação Predominante; C = presença constante; AB = abrigo; EX= excremento; NE = néctar; PO = pólen; SA = Sal; FW = verticilo floral; NI = não identificado; PO*= polinizador; PP = potencial polinizador; PE = polinizador eventual; VF = visitante].

Varronia curassavica possui flores brancas, tubulares, com antese diurna e órgãos sexuais expostos. O néctar está disponível a todos os visitantes florais, independente do comprimento do seu aparelho bucal, assim como o pólen dos estames projetados acima da corola em flores brevistilas. Tal conjunto de atributos aliados ao elevado número de flores por inflorescência, pode atrair um grande número de visitantes florais, em especial aqueles com peças bucais curtas, como as comumente encontradas em dípteros, hemípteros, coleópteros e algumas espécies de himenópteros (Opler et al., 1975; Faegri & Van der Pijl, 1979; Proctor et al., 1996), o que demonstra que a espécie apresenta uma síndrome de polinização generalista.

Tal característica pode ser vantajosa para a espécie uma vez que a probabilidade de ocorrer polinização cruzada é maximizada. Além disso, espécies que apresentam floração prolongada ao longo do ano como observada em *V. curassavica* (Guimarães, 2006), tornam seus recursos previsíveis no tempo, aumentando o número de espécies que procuram pólen e néctar. Ainda, a abertura gradual das flores, ocorrendo em diferentes dias, tende a prolongar o tempo no qual os recursos ficam disponíveis aos polinizadores. Por conseguinte contribui na manutenção dos polinizadores na área ao longo do ano (Newstrom et al., 1994), muitos dos quais são comuns na restinga e podem atuar como polinizadores de diversas outras espécies neste ambiente (Silva & Pinheiro, 2007; Schmid et al., 2011; Lopes et al., 2015).

Em termos de efetividade de polinização, apesar da guilda de borboletas que visitaram *V. curassavica* possuírem probóscide de tamanhos variados e incompatíveis com o tamanho do tubo floral, a maioria das espécies apresentou pólen em diversas partes do corpo, além de forragearem várias flores e indivíduos distintos.

Os insetos da ordem diptera, em sua maioria possuem probóscide que variam entre de 2 a 4 mm (Proctor et al., 1996), compatível com os comprimentos dos tubos florais da espécie estudada. No entanto, segundo Faegri & Van der Pijl (1979), a eficiência na polinização por diptera é limitada pelo seu tamanho, uma vez que carregam poucos grãos de pólen. Porém, a elevada frequência de visitas observadas pode compensar a capacidade de transporte. Além disso, insetos da ordem díptera podem ser importantes polinizadores, uma vez que estão presentes ao longo de todo o ano, sem apresentar períodos restritos de atividade (Faegri & Van der Pijl, 1979), além de ser um grupo importante para a família Boraginaceae (Machado & Loiola, 2000).

Insetos da ordem himenóptera foram os visitantes mais frequentes, sendo que metade das visitas dessa ordem foi realizada por *A. mellifera*, que apesar de ser uma espécie exótica de introdução recente no continente Americano (Oliveira & Cunha, 2005) são eficientes coletoras e transportadoras de pólen. A espécie também foi o principal visitante e polinizador para *C. globosa* em área de caatinga (Machado et al., 2010), destacando sua importância para a família.

Dentro do grupo dos visitantes e potenciais ou ocasionais polinizadores cabe destacar as famílias Formicidae e Miridae. A relação de *V. curassavica* com formigas tem chamado à atenção (Belo et al., 2011, Brandão et al., 2015), contudo, sua efetividade enquanto espécie polinizadora é questionada. Fatores limitantes como ausência de asas, frequente forrageamento na mesma planta (Hölldobler & Wilson, 1990) e produção de substâncias lipofílicas, que podem inativar o pólen (Beattie, 1985; Dutton & Frederickson, 2012), são os mais apontados. Entretanto, apesar dessas limitações, alguns estudos contrapõem este questionamento uma vez que consideram que a elevada frequência de visitas (Gómez & Zamora, 1992; Rico-Gray & Oliveira, 2007), o comportamento junto às flores e aos grãos de pólen aderidos ao seu corpo, fazem delas potenciais polinizadoras (Oriani et al., 2009; Galitzki et al., 2013). No presente trabalho, as formigas podem ser polinizadoras ocasionais, uma vez que o forrageamento comumente se deu majoritariamente na mesma planta. Enquanto que para os Miridae, a saída dos adultos da planta ou troca de flores foi frequentemente observada, estes não apresentam nenhuma estrutura evidente que contribua para o transporte de pólen, contudo, a presença de grãos, aderidos ao corpo dos insetos e o forrageio constante faz destes potenciais polinizadores. A presença massiva destes insetos em *V. curassavica* também pode sugerir, que além do fornecimento de alimento, o interior da corola funcione como abrigo para estas espécies.

3.4.4. DISPERSORES

Foram registradas ao longo de 20 horas de observação assistemática, cinco espécies de aves, todas onívoras, que se alimentaram de frutos da espécie: sabiá-poca - *Turdus amaurochalinus* (Muscicapidae), sabiá-do-campo - *Mimus saturninus* (Mimidae), beme-te-vi - *Pitangus sulphuratus* (Tyrannidae), pardal - *Passer domesticus* (Passeridae) e tico-tico *Zonotrichia capensis* (Passerellidae) (Figura 36).

As aves são eficientes dispersoras de sementes devido a sua mobilidade, alimentação e tempo de retenção das sementes que ingerem

(Ortiz-Pullido et al., 2000), podendo transportar as unidades de dispersão para locais mais distantes da planta mãe (Francisco & Galetti, 2002), contribuindo também para o fluxo gênico entre populações.

Apesar do comportamento de forrageamento não ter sido avaliado, aves das famílias Tyrannidae, Muscicapidae e Mimidae são normalmente engolidoras, portanto, consideradas melhores dispersoras (Moermond & Denslow, 1985), aumentando a possibilidade de carregar as sementes para longe da planta matriz.

Além disso, são espécies típicas de áreas abertas e antropizadas (Francisco & Galetti, 2002), o que pode favorecer o movimento das sementes em habitats fragmentados (Silva, 2010). Conseqüentemente, a relação entre a *V. curassavica* e seus dispersores pode afetar tanto suas populações como a abundância e riqueza das espécies de aves nessas áreas.



Figura 36: Fauna dispersora de *Varronia curassavica* Jacq., observada na restinga da Joaquina – Florianópolis/SC. A) *Turdus amaurochalinus* (sabiá-poca), B) *Mimus saturninus* (sabiá-do-campo), C) *Pitangus sulphuratus* (bembe-vi), D) *Passer domesticus* (pardal), E) *Zonotrichia capensis* (tico-tico), F) *Acromyrmex striatus* (formiga-cortadeira).

Apesar da produção de frutos não ser abundante, a oferta do recurso, assim como da floração, é prolongada ao longo do ano, servindo de complemento à dieta de diferentes espécies onívoras, por igual período.

A espécie *Acromyrmex striatus* (Formicidae) também foi observada dispersando os frutos de *V. curassavica* (Figura 36). Barroso

et al. (2009) estudaram a morfologia e germinação da unidade de dispersão de *Cordia sellowiana* e de *C. Myxa* também observaram formigas se alimentando de frutos destas duas espécies.

Mesmo que formigas transportem as sementes por distâncias geralmente menores quando comparadas a aves ou mamíferos (Bond & Slingsby, 1984), a dispersão realizada por elas pode contribuir com a diminuição da competição de plântulas próximas da planta-mãe (O'Dowd & Hay, 1980), além da deposição da semente em solos mais ricos em nutrientes e favoráveis a germinação, como os formigueiros (Rissing, 1986). Assim, elas podem alterar a deposição de sementes, influenciando no sucesso reprodutivo da planta e na estrutura espacial de suas populações.

3.4.5. SISTEMA REPRODUTIVO

3.4.5.1. Razão pólen/óvulo e viabilidade polínica

Considerando as flores analisadas, o número médio de grãos de pólen obtido por flor foi de 28.350, e os óvulos por flor foram iguais a quatro, e a razão P:O igual a 7.087,50. Tal resultado enquadra *V. curassavica* como uma espécie xenogâmica obrigatória, segundo Cruden (1977).

No teste de coloração, 100% dos grãos de pólen observados apresentaram viabilidade.

Com relação aos cruzamentos controlados, em todos eles as flores oxidaram ou abortaram logo após o manuseio das mesmas, conseqüentemente não houve formação de frutos. As inflorescências que foram tratadas e ensacadas sofreram oxidação em toda a sua estrutura (Figura 37). Aquelas submetidas à polinização espontânea abortaram as suas flores.

A sensibilidade das flores de *V. curassavica* ao manuseio, evidenciou que a metodologia aplicada neste estudo pode não ser adequada para elucidar o sistema de cruzamento da espécie. O fácil desprendimento da corola facilitou a perda da marcação de diversas flores, contudo, tal fator não impossibilitou a análise do resultado, uma vez que todas as inflorescências tratadas apresentaram-se bastante oxidadas e sem formação evidente de frutos. A estimativa das taxas de cruzamento por meio da análise de progênies de plantas através de marcadores moleculares conhecidos é considerada mais efetiva do que as obtidas pelos métodos tradicionais (Bawa, 1976), podendo ser

complementar as análises realizadas ou até mesmo em substituição às práticas que envolvem manipulação floral, como no caso de *V. curassavica*.



Figura 37: Resultado dos tratamentos implantados para avaliação do sistema reprodutivo de *Varronia curassavica* Jacq., Joaquina - Florianópolis/SC. A) Desprendimento das marcações. B - C) Senescência da inflorescência.

3.4.5.2. Taxa de Cruzamento

A taxa de cruzamento aparente (\hat{t}) (Tabela 16), tomando-se todas as famílias conjuntamente como uma única “população” foi de 0,98 ($\pm 0,06$), indicando que a espécie é tipicamente alógama. O percentual de autofecundação encontrado não foi significativo. Considerando a taxa de cruzamento por família, os valores foram todos próximos e apresentaram pouca variação.

Tabela 17: Estimativas da taxa de cruzamento para cada família de matrizes de *V. curassavica* Jacq. (Boraginaceae) provenientes da população da restinga da Joaquina - Florianópolis, Santa Catarina - Brasil.

| Família [n] | r | \hat{t} | CI 95% |
|--------------------|--------------|-----------------------------|----------------------|
| 01 [14] | -0,055 | 1,12 | 1,057 - 1,183 |
| 02 [13] | -0,065 | 1,14 | 1,093 - 1,187 |
| 03 [20] | -0,037 | 1,08 | 1,006 - 1,154 |
| 04 [20] | -0,068 | 1,15 | 1,087 - 1,213 |
| 05 [20] | -0,043 | 1,09 | 1,027 - 1,153 |
| 06 [20] | -0,029 | 1,06 | 1,003 - 1,117 |
| 07 [20] | -0,049 | 1,10 | 1,035 - 1,165 |
| 08 [20] | -0,064 | 1,14 | 1,079 - 1,201 |
| 09 [20] | -0,027 | 1,06 | 0,994 - 1,126 |
| 10 [20] | -0,063 | 1,13 | 1,071 - 1,189 |
| 11 [20] | -0,013 | 1,03 | 0,938 - 1,122 |
| 12 [19] | -0,035 | 1,07 | 1,036 - 1,104 |
| 13 [20] | -0,049 | 1,10 | 1,018 - 1,182 |
| 14 [20] | -0,046 | 1,10 | 1,085 - 1,115 |
| 15 [09] | -0,038 | 1,08 | 0,992 - 1,168 |
| 16 [08] | -0,068 | 1,15 | 1,032 - 1,268 |
| População | 0,012 | 0,98 | 0,925 - 1,035 |

n = número de progênies; r = coeficiente de coancestria de Ritland (1996); \hat{t} = taxa de cruzamento aparente; CI = intervalo de confiança calculado para a distribuição.

As estimativas da taxa de cruzamento obtidas para *V. curassavica* evidenciaram o predomínio da fecundação cruzada no modo de reprodução da espécie, caracterizando-a como uma espécie tipicamente alógama. Os valores obtidos tanto da população quanto das famílias são coesos e os valores próximos e pouco variáveis. Evidenciando a convergência dos resultados obtidos a partir do uso de marcadores moleculares, o valor obtido pela razão P: O classifica a espécie como alógama obrigatória segundo o modelo proposto por Cruden (1977). Tal resultado demonstra que a poliploidia existente na espécie

provavelmente não afetou (vide capítulo 4), até o momento, os mecanismos de autoincompatibilidade da espécie.

A fecundação cruzada, além de possibilitar a manutenção da variabilidade genética também pode aumentar o vigor híbrido das espécies devido a ocorrência de novas combinações gênicas, codificadoras de caracteres de interesse, como a produção de metabólitos secundários (Facanali et al., 2009). Além disso, espécies tipicamente alógamas apresentam alta diversidade dentro das populações (Loveless & Hamrick, 1984), com elevada flexibilidade adaptativa. Esta flexibilização é essencialmente vantajosa para espécies pioneiras que mantêm suas populações em condições extremas e variáveis, tais como as encontrada pela *V. curassavica* nos ambientes de restinga.

O predomínio de cruzamentos entre indivíduos diferentes para *V. curassavica* é condizente com a estratégia fenológica (vide capítulo 2) e a existência dos mecanismos de autoincompatibilidade registrados para a espécie, como a heterostilia e protoginia. Entretanto, a possibilidade de ocorrer alterações destes mecanismos por conta da existência da poliploidia remete à necessidade do acompanhamento da manutenção desses mecanismos na população em longo prazo.

Alterações no sistema de autoincompatibilidade já foram registradas para *V. curassavica*. Taisma & Varela (2005) estudaram o sistema de autoincompatibilidade por meio de cruzamentos controlados e observação direta de tubos polínicos. No estudo, a população apresentou compatibilidade parcial entre morfos brevistila, sugerindo diferenças morfo-específicas nas reações de incompatibilidade, já identificado para outras espécies distílicas (Faivre, 2002). Brandão et al. (2015) avaliaram o sistema reprodutivo por meio da razão P:O para plantas provenientes de banco de germoplasma e os resultados classificaram a espécie como alógama facultativa, podendo se reproduzir tanto por autogamia quanto por alogamia. Essas variações, entretanto, não foram registradas para a população avaliada, sugerindo eficiência no sistema de autoincompatibilidade e na polinização.

3.5. CONCLUSÕES

A evidência de dois morfotipos florais em *V. curassavica* caracteriza a presença de heterostilia, esperada para espécies de Boraginaceae. A manutenção da heterostilia é mediada por uma fauna

polinizadora diversa e equilibrada, e que contribui para a fecundação cruzada.

As flores brancas e tubulares apresentam duração inferior a um dia, com antese diurna, produzindo néctar e pólen. A liberação de pólen se inicia após o estigma estar receptivo, evidenciando a protoginia, que igualmente a heterostilia, é um mecanismo de prevenção à autofecundação.

O elevado número de abortos de flores e frutos pode estar relacionado a mecanismo de autoincompatibilidade da espécie. A produção massiva de flores, por sua vez, poderia ser uma estratégia para aumentar as possibilidades de que a fecundação cruzada aconteça.

A diversidade de guildas de visitantes florais registrada evidencia uma síndrome de polinização generalista para *V. curassavica*, que pode ser crucial para o sucesso reprodutivo da espécie, uma vez que, além de apresentar mecanismos de prevenção à autofecundação, habita um ambiente com altos picos de temperatura, ventos fortes, solo salino e de baixa fertilidade, e com variações constantes entre alagamento e déficit hídrico.

Por outro lado, a espécie disponibiliza recursos para importantes vetores de pólen e aves ao longo do ano, muitos dos quais atuam como polinizadores de diversas outras espécies na área de restinga. Logo, a manutenção destas interações é imprescindível, tanto para as populações naturais de *V. curassavica*, quanto para a conservação deste ecossistema.

Apesar da existência de poliploidia, a autoincompatibilidade na população se mantém, contribuindo para o predomínio da fecundação cruzada. A manutenção de tal mecanismo, no entanto, dependerá do balanço de poliplóides auto compatíveis que podem vir a ingressar nesta população, ao longo do tempo.

CAPITULO 4

DIVERSIDADE E ESTRUTURA GENÉTICA DE POPULAÇÕES DE *Varronia curassavica* Jacq.: UMA ESPÉCIE POLIPLÓIDE COM USO MEDICINAL EM AMBIENTE AMEAÇADO



“Uma vida sem desafios não vale a pena ser vivida”.
Sócrates

4.1. RESUMO

A manutenção da variabilidade genética é base da conservação das espécies e o conhecimento de seus níveis e distribuição é fundamental para o estabelecimento de práticas de uso sustentável e conservação das mesmas. Este estudo objetivou caracterizar a diversidade e estrutura genética de populações desta espécie, por meio de marcadores microssatélites, em diferentes áreas de restinga, além de evidenciar o nível de ploidia e obter estimativas do tamanho efetivo populacional e fluxo gênico visando contribuir para o conhecimento e para possibilidades de conservação e uso da espécie. *Varronia curassavica* foi caracterizada como autotetraplóide, com alta variabilidade genética (\bar{H}_E médio = 0,713), divergência interpopulacional baixa (G_{ST} = 0,0488), e índices de fixação não significativos, evidenciando ausência ou efeitos reduzidos de endogamia e deriva genética nas situações estudadas. Dos 94 alelos detectados nas populações estudadas, 44% ocorreram em baixa frequência nos indivíduos adultos de todas as populações e 41% nas progênieis avaliadas. O fluxo gênico foi elevado (N_m = 4,87) e condizente com espécies alógamas e com elevada capacidade de dispersão e contribui para amenizar os efeitos de estruturação entre as populações. As diferenças encontradas entre elas podem refletir eventos de história evolutiva distintos, uma vez que não há indícios de isolamento por distância. Todas as áreas avaliadas apresentaram potencial de conservação em longo prazo das populações de *V. curassavica*. Contudo, a pressão antrópica em torno destas, em especial a imobiliária, tem sido crescente e reduzido consideravelmente as restingas do Estado. Um maior rigor na proteção legal garantiria a manutenção da biodiversidade existente, bem como favoreceria a manutenção de importante fonte de matéria-prima para produção de fitoterápicos oriundos da flora nativa.

Palavras chave: Conservação, fluxo gênico, microssatélite, tamanho efetivo populacional, restinga.

4.2. INTRODUÇÃO

A importância da variação genética para a manutenção da diversidade biológica e dos processos evolutivos tem sido apontada em diversos estudos (Frankel & Soulé, 1981; Frankham, 2004; Laikre et al., 2009). Esta variação está diretamente relacionada com a capacidade da espécie em perpetuar-se no ambiente, com diferentes genótipos que lhe permita adaptar-se às diferentes condições ambientais (Frankham, 1995; 1996; Hamrick & Godt, 1996; Futuyma, 2002). Além disso, a manutenção desta variabilidade é a base da conservação das espécies (Frankham, 2005; Kahilainen et al., 2014). Portanto, o conhecimento de seus níveis e distribuição é imprescindível para a definição de estratégias que busquem a conservação e o uso sustentável das populações em seu habitat natural, com a perspectiva de manutenção dos processos ecológicos e evolutivos (Reis, 1996a; Frankham, 2003; Neel & Ellstrand, 2003).

Dentre as ameaças mais incidentes à manutenção desta variabilidade está a redução e fragmentação dos habitats naturais (vide Reis et al., 2012). Atualmente, a restinga é considerada um dos ecossistemas associados à Mata Atlântica mais ameaçados pela pressão antrópica, especialmente pela sua localização junto costa brasileira (Strohaecker, 2008; Barcelos et al., 2012), levando a redução expressiva das áreas remanescentes. Consequentemente, ocorre uma forte redução no tamanho populacional das espécies presentes nestes remanescentes, aspecto que pode resultar em alterações e em redução da variabilidade genética. Nestas situações, forças como a deriva genética passam a ter uma grande influência sob as frequências alélicas (Young & Brown, 1999), levando a perda da habilidade adaptativa e ao declínio populacional (Templeton et al., 1990; Barret & Khon, 1991; Murawsky, 1995). Outros efeitos decorrentes da redução populacional estão relacionados ao aumento na taxa de cruzamento entre aparentados e a redução de trocas alélicas em decorrência da redução ou ausência de vetores relacionados ao fluxo gênico (Barret & Khon, 1991; Murawsky & Hamrick, 1992).

Aliado aos efeitos da pressão antrópica sobre o habitat, as populações de *V. curassavica* são sujeitas a pressão oriunda da exploração, tanto por comunidades locais que fazem uso medicinal tradicional da espécie, quanto pela indústria, que a utiliza como matéria prima para a produção de fitofármacos (Montanari, 2011). Em várias situações e estudos têm-se evidenciado reduções de variabilidade genética associadas a diferentes intensidades de processos extrativistas

(vide Sebbenn et al., 2008; Silva & Reis, 2010; Ratnam et al., 2014), aspecto que pode estar ocorrendo nas populações de *V. curassavica*.

O estabelecimento de estratégias voltadas à conservação e manejo depende de informações que permitam a caracterização da movimentação dos alelos em populações naturais. Segundo Reis (1996b) esta pode ser realizada por meio da integração de informações relativas ao nível e distribuição da diversidade, aliadas a taxa de cruzamento e ao fluxo gênico em diferentes populações.

Marcadores genéticos codominantes, como os microssatélites, têm sido amplamente empregados para a caracterização dos níveis de diversidade genética, sua distribuição nas populações, assim como na identificação e diferenciação de indivíduos, uma vez que permitem realizar estimativas consistentes das frequências alélicas e genotípicas (Buso et al., 2003). Microssatélites consistem em sequências curtas, repetidas em série e em número variável, encontradas abundantemente nos genomas de plantas e com alto nível de polimorfismo (Thomas & Scott, 1993; Morgante & Olivieri, 1993).

Para *V. curassavica*, estudos relacionados à genética da espécie são escassos. Os poucos estudos encontrados para esta espécie referem-se ao número de cromossomos (Coleman, 1982), desenvolvimento de *loci* microssatélites (Figueira et al., 2010) e caracterização da diversidade genética por meio de alozimas (Hoeltgebaum et al., 2015). Embora *V. curassavica* tenha sido categorizada por Coleman (1982) como diploide, com $n = x = 9$, Figueira et al. (2010) desenvolveram oito *loci* microssatélites altamente polimórficos para a espécie e verificaram a presença de múltiplas bandas por *locus*, o que é típico de espécies poliplóides. De fato, estudos genéticos usando diferentes marcadores moleculares mostraram que a poliploidia está presente em vários gêneros da família Boraginaceae (Heubl et al., 1990; Korbeck et al., 2003; Mable, 2004; Meeus et al., 2012; Coppi et al., 2014).

Portanto, este estudo teve por objetivo caracterizar a diversidade e estrutura genética de populações de *V. curassavica* em diferentes áreas de restinga. Especificamente, buscou evidenciar o nível de ploidia da espécie; caracterizar a diversidade genética intra e interpopulacional das populações por meio de marcadores microssatélites, além de estimar índices de fixação e obter estimativas do tamanho efetivo populacional e fluxo gênico visando contribuir para o conhecimento acerca da diversidade genética e de possibilidades de conservação e uso da espécie.

4.3. MATERIAL E MÉTODOS

4.3.1. ÁREAS DE ESTUDO

O estudo foi conduzido em quatro áreas de formação de restinga, duas delas localizadas na costa da Ilha de Santa Catarina, em Florianópolis (Joaquina e Campeche), e duas na costa litorânea da região continental do Estado de Santa Catarina (Palhoça e Laguna) (vide item “áreas de estudo” na Introdução). A vegetação predominante nas áreas avaliadas é herbácea arbustiva, associadas a dunas e baixadas, secas, úmidas e alagadas, com alguns trechos formados por arvoretas ou poucas árvores nas áreas mais secas. Apesar de todas estarem inseridas em unidades de conservação, estão sujeitas a pressão antrópica oriunda do setor imobiliário e turístico, além da exploração de espécies de interesse de uso medicinal, alimentar e ornamental.

4.3.2. DETECÇÃO DA PLOIDIA

Para verificar a ploidia foram realizados ensaios citogenéticos, adaptado de Guerra & Souza (2002), e testes prévios de genotipagem.

A análise de cromossomos mitóticos foi realizada a partir de tecido meristemático extraído de pontas de raízes em crescimento ativo, obtidas por meio de germinação de semente de diferentes indivíduos. O tecido meristemático coletado foi armazenado em solução saturada de paradiclorobenzeno (PDB) durante 24 horas a 4 °C. Depois de fixadas em solução Carnoy 3:1 (etanol: ácido acético) por 2 horas à temperatura ambiente, as raízes foram lavadas em água destilada e hidrolizadas em HCl 1N por 15 minutos em banho-maria a 60 °C. Após nova lavagem o material foi mantido em solução Fuelgen até apresentarem coloração. Para a preparação das lâminas, o material foi macerado e corado com carmin acético a 2%, seguido de análise sob microscópio óptico, aumento 10x100.

Complementarmente foi verificado o número de cromossomos gaméticos por meio de análise meiótica. Botões florais foram fixados em Carnoy 3:1 por 24 horas e armazenados em temperatura ambiente e armazenado em álcool 70% até sua utilização. Para a retirada das anteras foram selecionados os botões mais jovens. Estas foram esmagadas em lâmina juntamente com carmin acético 2% e analisadas sob microscópio óptico, células-mãe de grãos de pólen em metáfase.

Os testes de genotipagem seguiram a metodologia utilizada para todos os indivíduos, conforme descrita a seguir. Para a confirmação da

ploidia foi realizada leitura dos picos gerados nos eletroferogramas e observado o padrão e o número de alelos por *locus*.

4.3.3. CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA

Para a caracterização genética das quatro populações de *V. curassavica* foram coletadas amostras foliares de ao menos 100 indivíduos adultos em cada área de estudo, com espaçamento mínimo de 20 m entre plantas. Para a população Joaquina foram também caracterizadas as progênies. O material foliar das progênies foi coletado de plantas germinadas em casa de vegetação, a partir de sementes obtidas de 16 matrizes distintas, totalizando 283 plantas. A extração do DNA genômico foliar foi realizada com o kit Nucleospin Plant II (250) (MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. KG), de acordo com instruções dos fabricantes.

Para a genotipagem dos indivíduos foram amplificados, via Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), oito *loci* microssatélites polimórficos desenvolvidos para a espécie por Figueira et al. (2010) (Tabela 17). Para amplificação dos *loci* foi utilizado DNA diluído na proporção 9:1 e utilizado Kit PCR KAPA (KAPA Biosystems), com volume de 10 µL por reação. O conjunto de ciclos e temperaturas utilizados foram 95 °C por 3 min para desnaturação, seguido de 30 ciclos, sendo cada ciclo composto por três fases: a primeira com 95 °C por 30 s, a segunda com a T de 61 °C s por 30 s e a terceira com 72 °C por 30 s para extensão, com extensão final a 72°C por 30 min. Os primers foram marcados com fluorocromo FAM (azul), PET (vermelho), NED (amarelo) e VIC (verde) para os oito loci microssatélites (Tabela 17) formando 2 sistemas multiplex, com 4 primers por corrida. A eletroforese por capilar foi realizada a partir de 1µL do produto de PCR diluído em água ultra pura (15:2 µl) e adicionados 0,25 µL de GS600 LIZ® e 8,75 µL de formamida HIDIT™. A leitura dos alelos foi realizada em sistema de detecção por fluorescência em sequenciador ABI 3500XL (Applied Biosystems), com 24 capilares. O software GeneMapper v.3.2 (Applied Biosystems) foi utilizado para a interpretação dos picos gerados nos eletroferogramas.

Tabela 18: *Loci* microsatélites empregados na genotipagem de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae), com os motivos de repetição e a sequência dos *primers* desenvolvido por Figueira et al. (2010), marcados com as fluorescência NED (amarelo), VIC (verde), PET (vermelho) e FAM (azul), em combinação multiplex.

| Combinação | Locus | Motivo | Sequencia (5' - 3') | Fluor | T _a (°C) |
|-------------|-------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------|---------------------|
| Multiplex 1 | MCvCIRCPQ14 | (TG) ₁₃ | F:CTTGTAGCTGCCACTTCCT R:GAATAATGCACAACGAGTCA | NED | 61 |
| | MCvCIRCPQ3 | (AC) ₁₀ (AAAATT) ₃ | F:ATTAGGCGTTTGGTGCTAC R:GCAGCGTATTTAGCAGAGA | VIC | 61 |
| | MCvCIRCPQ8 | (AC) ₉ | F:CCAACGTGCGTAATACACTT R:TCTTCTGACGTTTCTCAT | PET | 61 |
| | MCvCIRCPQ6 | (CA) ₈ | F:TACTAGCACCGTTGAATAGG R:TAGGGACCGTAAAAGACAT | FAM | 61 |
| Multiplex 2 | MCvCIRCPQ11 | (TC) ₈ (AC) ₁₆ | F:ATTGCCCTTAGCCGGTAG R:CGAATGTGAATTGCGAGTT | VIC | 61 |
| | MCvCIRCPQ7 | (TG) ₉ | F:GGCAACAATAAGGTTAGAGC R:TCACACTCTCATGTTTACGC | PET | 61 |
| | MCvCIRCPQ16 | (CA) ₈ | F:CTCCTTCAGTGTTCAAAGG R:GGAAGAAGCTGATCTCTGTG | NED | 61 |
| | MCvCIRCPQ15 | (TG) ₈ | F:TTTAGGAACATCTCTTAGTGG R:TGGTCCCATTATATTTTC | FAM | 61 |

Fluor = fluorescência

4.3.4. ANÁLISES GENÉTICAS

Os níveis de diversidade genética em populações de *V. curassavica* foram estimados a partir da riqueza alélica, que representa o número de alelos por locus (A); riqueza alélica dentro do indivíduo (A_i); a riqueza genotípica, que mede o número de genótipos com quatro alelos por locus (G); a heterozigosidade observada (\hat{H}_O) e esperada (\hat{H}_E), e o índice de fixação \hat{F} para todos os *loci*, calculado como $1 - (\hat{H}_O / \hat{H}_E)$.

Dentro de cada população, para cada locus os desvios do equilíbrio de Hardy-Weinberg (EHW) foram testados por meio do teste qui-quadrado (χ^2). Também foi calculado o índice de fixação intrapopulacional (\hat{F}_{IS}) e sua significância avaliada por meio de 10.000 reamostragens bootstraps. Os parâmetros de diversidade genética foram calculados com o auxílio do programa computacional Autotet (Thrall & Young, 2000), específico para organismos poliploides e que calcula a heterozigosidade observada por meio da ponderação de cinco diferentes classes de possíveis genótipos por locus inversamente a probabilidade de quaisquer dois alelos serem idênticos por descendência; a heterozigosidade esperada e índice de fixação foram calculados com base na segregação cromossômica aleatória (Li, 1955).

A partição da diversidade genética dentro e entre as populações foi calculada por meio das estatísticas de diversidade gênica de Nei

(1973), utilizados os parâmetros H_T - diversidade genica total; H_S - diversidade gênica média dentro das populações; D_{ST} - diversidade genética entre populações e G_{ST} - proporção da diversidade genética total entre as populações, com auxílio do software DISPAN (Ota 1993). O mesmo software gerou as matrizes de distância genética D entre as populações, baseado em Nei (1972). A construção do dendrograma foi realizada pelo método UPGMA, com auxílio do software PAST 3.01 (Hammer et al. 2001).

O fluxo gênico entre as populações (N_m) foi estimado a partir do proposto por Wright (1951), que mede o número de migrantes por geração a partir da divergência entre populações.

$$N_m = (1/4G_{ST}) - 1/4$$

Onde: N_m = número de migrantes por geração e G_{ST} = divergência interpopulacional, considerado equivalente ao F_{ST}

Estimativas do tamanho de vizinhança (N_b), ou o número médio de indivíduos reprodutivos por área de vizinhança foram calculados conforme Wright (1931) e baseadas no modelo de isolamento por distância (Slatkin & Barton 1989).

$$N_b = 2\pi N_m$$

O tamanho efetivo populacional (N_e) foi estimado conforme proposto por Li (1955):

$$N_e = n / (1+f)$$

Onde: n = número de indivíduos da população e f = índice de fixação da população.

As estimativas de N_e para valores de referência de 50 (Frankel & Soulé, 1981), 500 (Franklin & Frankham, 1998) e 1.000 indivíduos (Lynch & Lande, 1998) foram obtidos pela multiplicação dos valores de referência pelos valores obtidos de n/N_e .

4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1. EVIDÊNCIA DE POLIPLOIDIA

Os indivíduos analisados (Figura 38) apresentaram $2n = \text{ca. } 36$ cromossomos somáticos em tecido mitótico de raiz. A análise das células em divisão meióticas evidenciou $n = \text{ca. } 18$ cromossomos gaméticos. Considerando o número basal de $n = 9$ registrado para *V. curassavica* (Coleman, 1982), trata-se de indivíduos tetraplóide $2n = 4x = 36$.

O padrão de picos de fluorescência observados por eletroforese capilar confirmam, juntamente com os resultados observados na contagem de cromossomos, que os indivíduos das populações avaliadas de *V. curassavica* são tetraplóides, apresentando de um a quatro alelos por locus. A maioria dos indivíduos possuía mais de dois alelos em alguns dos loci SSR avaliados, em todas as populações. Para as espécies alopoliplóide, é de se esperar um padrão SSR diplóide, com genomas distintos que podem conter diferentes loci SSR. No entanto, os resultados mostraram um padrão SSR polissômico, conforme esperado para uma espécie autopoliplóide (Soltis et al., 2003).

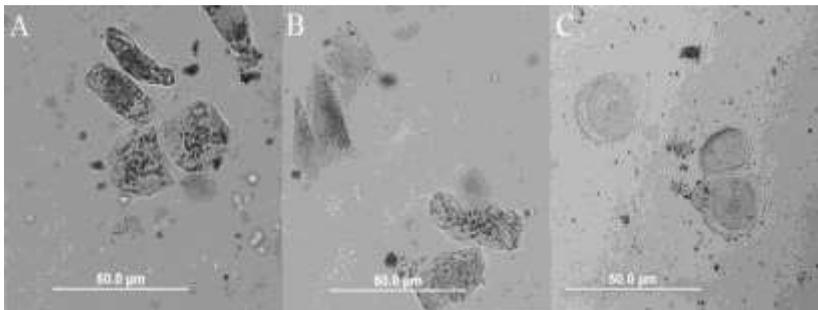


Figura 38: Cromossomos de *Varronia curassavica* Jacq. A - B = cromossomos mitóticos de tecido meristemático obtido da ponta de raízes de diferentes indivíduos; C = cromossomos gaméticos em células-mãe de grãos de pólen em metáfase.

4.4.2. DIVERSIDADE GENÉTICA

Foram detectados 94 alelos em oito *loci* polimórficos analisados nas quatro populações de *V. curassavica*. O número médio de alelos por *locus* foi de 11,75, variando de 4 a 22 (Tabela 20). Para as progênes da população Joaquina foram encontrados 67 alelos, com número médio de 8,5 alelos por *locus* (variando de 3 até 19 alelos) (Tabela 21).

As frequências alélicas foram heterogêneas entre as populações (Tabela 18). A presença de alelos raros (frequência $<0,05$) foi detectada em todas as populações e representam em média 44% dos alelos encontrados. Igualmente, alelos exclusivos foram observados em todos os *loci* e em todas as populações. As populações de Palhoça (oito alelos) e Joaquina (seis alelos) apresentaram os maiores números de alelos exclusivos, na primeira, porém, estes ocorreram em seis *loci* distintos, enquanto que na Joaquina, os alelos exclusivos foram observados em apenas dois *loci*.

As frequências alélicas entre adultos e progênes da população Joaquina também apresentaram heterogeneidade (Tabela 19), o que indica que parte dos alelos encontrados nesta população não está presente nas progênes. Alelos raros foram observados em cinco dos oito *loci* avaliados, e totalizam 41% dos alelos amostrados nas progênes, enquanto que alelos exclusivos foram encontrados apenas no *locus* MCvCIRCPQ7 (Tabela 19).

A presença de alelos raros e exclusivos em populações naturais é um indicativo da importância desta em termos de conservação e na priorização de áreas a serem conservadas, uma vez que alelos em baixa frequência são mais suscetíveis à perda, principalmente devido aos efeitos de deriva genética (Frankel et al., 1995). Tais efeitos podem ser potencializados quando somados aqueles oriundos da pressão antrópica, aos quais as restingas estão sujeitas (Hoeltgebaum et al., 2015), conferindo maior importância para a conservação das populações nestes ambientes.

Indivíduos adultos apresentaram número maior de alelos exclusivos em relação às progênes, o que sugere que nem todos os indivíduos da parcela participam do processo reprodutivo, ou não estão representados dentro da amostragem de progênes. A presença de alelos exclusivos nas progênes demonstra que ocorre polinização por indivíduos que estão fora da parcela, dentro da mesma área ou em população vizinha, uma vez que tais alelos aparecem na população Campeche, a 7 km de distância da Joaquina.

Tabela 19: Frequência alélica em oito *loci* microsatélite de indivíduos de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae) de quatro populações de Santa Catarina, Brazil. CAM = Campeche; JOA = Joaquina; LAG = Laguna; PAL = Palhoça; Excl. = alelo exclusivo (em negrito). Continua...

| <i>Locus</i> MCvCIRCPQ14 | | | | | <i>Locus</i> MCvCIRCPQ3 | | | | |
|--------------------------|-------|-------|--------------|--------------|-------------------------|-------|--------------|-------|--------------|
| Alelos | CAM | JOA | LAG | PAL | Alelos | CAM | JOA | LAG | PAL |
| 82 | 0,020 | 0,017 | 0,076 | 0,031 | 106 | 0,000 | 0,044 | 0,000 | 0,000 |
| 86 | 0,000 | 0,127 | 0,076 | 0,000 | 108 | 0,109 | 0,073 | 0,019 | 0,023 |
| 88 | 0,040 | 0,096 | 0,068 | 0,031 | 110 | 0,000 | 0,044 | 0,000 | 0,000 |
| 90 | 0,077 | 0,024 | 0,038 | 0,075 | 112 | 0,038 | 0,006 | 0,047 | 0,038 |
| 92 | 0,034 | 0,052 | 0,010 | 0,109 | 114 | 0,032 | 0,096 | 0,025 | 0,110 |
| 94 | 0,109 | 0,151 | 0,061 | 0,075 | 116 | 0,096 | 0,035 | 0,135 | 0,072 |
| 96 | 0,126 | 0,231 | 0,093 | 0,256 | 118 | 0,022 | 0,006 | 0,031 | 0,081 |
| 98 | 0,115 | 0,144 | 0,222 | 0,216 | 120 | 0,144 | 0,192 | 0,132 | 0,084 |
| 100 | 0,264 | 0,036 | 0,078 | 0,141 | 122 | 0,135 | 0,072 | 0,085 | 0,061 |
| 102 | 0,032 | 0,064 | 0,063 | 0,034 | 124 | 0,301 | 0,114 | 0,320 | 0,165 |
| 104 | 0,069 | 0,056 | 0,000 | 0,006 | 126 | 0,042 | 0,122 | 0,025 | 0,168 |
| 106 | 0,115 | 0,002 | 0,081 | 0,019 | 128 | 0,035 | 0,064 | 0,044 | 0,017 |
| 108 | 0,000 | 0,000 | 0,035 | 0,006 | 130 | 0,038 | 0,031 | 0,113 | 0,162 |
| 110 | 0,000 | 0,000 | 0,098 | 0,000 | 132 | 0,003 | 0,010 | 0,000 | 0,000 |
| | | | | | 134 | 0,000 | 0,006 | 0,025 | 0,017 |
| | | | | | 136 | 0,000 | 0,044 | 0,000 | 0,000 |
| | | | | | 138 | 0,000 | 0,037 | 0,000 | 0,000 |
| | | | | | 150 | 0,003 | 0,004 | 0,000 | 0,000 |
| Excl. | - | - | 1 | - | Excl. | - | 4 | - | - |
| <i>Locus</i> MCvCIRCPQ8 | | | | | <i>Locus</i> MCvCIRCPQ6 | | | | |
| Alelos | CAM | JOA | LAG | PAL | Alelos | CAM | JOA | LAG | PAL |
| 114 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,046 | 194 | 0,135 | 0,091 | 0,011 | 0,071 |
| 122 | 0,000 | 0,095 | 0,173 | 0,106 | 196 | 0,395 | 0,341 | 0,501 | 0,432 |
| 124 | 0,919 | 0,825 | 0,737 | 0,598 | 198 | 0,265 | 0,358 | 0,228 | 0,105 |
| 126 | 0,000 | 0,008 | 0,000 | 0,139 | 200 | 0,086 | 0,157 | 0,158 | 0,210 |
| 128 | 0,081 | 0,071 | 0,089 | 0,111 | 202 | 0,119 | 0,053 | 0,101 | 0,028 |
| | | | | | 204 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,153 |
| Excl. | - | - | - | 1 | Excl. | - | - | - | 1 |

Tabela 18: Frequência alélica em oito *loci* microsatélites de indivíduos de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae) de quatro populações de Santa Catarina, Brazil. CAM = Campeche; JOA = Joaquina; LAG = Laguna; PAL = Palhoça; Excl. = alelo exclusivo (em negrito). Continuação...

| <i>Locus</i> MCvCIRCPQ11 | | | | | <i>Locus</i> MCvCIRCPQ16 | | | | |
|--------------------------|-------|-------|-------|--------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Alelos | CAM | JOA | LAG | PAL | Alelos | CAM | JOA | LAG | PAL |
| 84 | 0,040 | 0,072 | 0,063 | 0,040 | 124 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,038 |
| 86 | 0,058 | 0,158 | 0,104 | 0,090 | 136 | 0,049 | 0,015 | 0,092 | 0,043 |
| 88 | 0,033 | 0,106 | 0,030 | 0,051 | 138 | 0,203 | 0,043 | 0,148 | 0,176 |
| 90 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,011 | 140 | 0,049 | 0,073 | 0,083 | 0,150 |
| 92 | 0,045 | 0,014 | 0,046 | 0,062 | 142 | 0,000 | 0,009 | 0,047 | 0,000 |
| 94 | 0,010 | 0,024 | 0,025 | 0,048 | 146 | 0,000 | 0,039 | 0,000 | 0,000 |
| 96 | 0,045 | 0,061 | 0,120 | 0,082 | 148 | 0,008 | 0,022 | 0,000 | 0,000 |
| 98 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,008 | 150 | 0,063 | 0,006 | 0,077 | 0,066 |
| 100 | 0,000 | 0,015 | 0,014 | 0,011 | 156 | 0,000 | 0,089 | 0,000 | 0,000 |
| 102 | 0,018 | 0,020 | 0,194 | 0,031 | 158 | 0,000 | 0,000 | 0,047 | 0,000 |
| 104 | 0,098 | 0,071 | 0,000 | 0,147 | 168 | 0,018 | 0,020 | 0,018 | 0,029 |
| 106 | 0,030 | 0,000 | 0,019 | 0,051 | 170 | 0,122 | 0,167 | 0,234 | 0,199 |
| 108 | 0,000 | 0,005 | 0,055 | 0,000 | 172 | 0,141 | 0,133 | 0,086 | 0,035 |
| 110 | 0,055 | 0,051 | 0,052 | 0,023 | 174 | 0,016 | 0,012 | 0,006 | 0,026 |
| 112 | 0,138 | 0,105 | 0,117 | 0,023 | 176 | 0,081 | 0,149 | 0,033 | 0,012 |
| 114 | 0,030 | 0,087 | 0,008 | 0,059 | 178 | 0,177 | 0,180 | 0,130 | 0,225 |
| 116 | 0,018 | 0,048 | 0,030 | 0,037 | 180 | 0,023 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 118 | 0,118 | 0,098 | 0,022 | 0,096 | 184 | 0,049 | 0,042 | 0,000 | 0,000 |
| 120 | 0,085 | 0,013 | 0,027 | 0,037 | | | | | |
| 122 | 0,028 | 0,016 | 0,019 | 0,034 | | | | | |
| 124 | 0,010 | 0,013 | 0,046 | 0,042 | | | | | |
| 126 | 0,141 | 0,022 | 0,008 | 0,017 | | | | | |
| Excl. | - | - | - | 2 | Excl. | 1 | 2 | 1 | 1 |

Tabela 18: Frequência alélica em oito *loci* microssatélites de indivíduos de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae) de quatro populações de Santa Catarina, Brazil. CAM = Campeche; JOA = Joaquina; LAG = Laguna; PAL = Palhoça; Excl. = alelo exclusivo (em negrito). Continuação...

| <i>Locus</i> MCvCIRCPQ7 | | | | | <i>Locus</i> MCvCIRCPQ15 | | | | |
|-------------------------|--------------|-----------|-----------|--------------|--------------------------|-------|-------|-------|--------------|
| Alelos | CAM | JOA | LAG | PAL | Alelos | CAM | JOA | LAG | PAL |
| 142 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,258 | 196 | 0,262 | 0,222 | 0,000 | 0,000 |
| 164 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,003 | 198 | 0,435 | 0,238 | 0,326 | 0,237 |
| 168 | 0,048 | 0,109 | 0,056 | 0,003 | 200 | 0,303 | 0,539 | 0,674 | 0,716 |
| 170 | 0,462 | 0,604 | 0,826 | 0,323 | 202 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,047 |
| 172 | 0,160 | 0,287 | 0,118 | 0,283 | | | | | |
| 176 | 0,046 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | | | | | |
| 178 | 0,284 | 0,000 | 0,000 | 0,130 | | | | | |
| Excl. | 1 | - | - | 2 | Excl. | - | - | - | 1 |
| Raros | 32 | 35 | 28 | 34 | | | | | |

A heterozigosidade média observada nas populações (\hat{H}_O) foi de 0,702, variando de 0,262 até 0,954, e a heterozigosidade média esperada (\hat{H}_E) foi de 0,713, variando de 0,314 até 0,929 nos oito *loci* avaliados (Tabela 20). O índice de fixação (\hat{F}) foi significativamente diferente de zero em seis dos oito *loci* avaliados ($P < 0,001$), sugerindo desvios do EHW. O índice de fixação médio dentro de populações (\hat{F}_{IS}), no entanto, apesar de positivo foi baixo e não diferente de zero (0,015). A riqueza alélica (A) variou de 4 a 22 alelos por *locus*, enquanto que o número médio de alelos por indivíduo/*loci* (A_i) variou de 1,63 a 4 (Tabela 20).

Para as progênies, a heterozigosidade média observada foi maior quando comparada numericamente as populações avaliadas, com $\hat{H}_O = 0,846$, variando de 0,698 a 0,982, assim como a heterozigosidade média esperada, que foi de 0,735 (de 0,476 - 0,903) (Tabela 21). O índice de fixação médio (\hat{F}) foi negativo (-0,151), porém não significativo. Contudo, o \hat{F} foi significativo para seis dos oito *locus* avaliados. A riqueza alélica (A) variou de 2 a 19 por *locus*, enquanto que o número médio de alelos por indivíduo/*locus* (A_i) variou de 2,18 a 3,89.

Tabela 20: Frequência alélica em oito *loci* microssatélites de progênie de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae) da população Joaquina/SC – Brasil.

| <i>MCvCIRCPQ8</i> | | | <i>MCvCIRCPQ6</i> | | | <i>MCvCIRCPQ7</i> | | | <i>MCvCIRCPQ15</i> | | |
|--------------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|--------------------|-------|--------------|--------------------|-------|-------|
| Alelo | JOA | PRG | Alelo | JOA | PRG | Alelo | JOA | PRG | Alelo | JOA | PRG |
| 122 | 0,095 | 0,565 | 194 | 0,091 | 0,051 | 168 | 0,109 | 0,123 | 196 | 0,222 | 0,000 |
| 124 | 0,825 | 0,365 | 196 | 0,341 | 0,236 | 170 | 0,604 | 0,522 | 198 | 0,238 | 0,390 |
| 126 | 0,008 | 0,000 | 198 | 0,358 | 0,328 | 172 | 0,287 | 0,316 | 200 | 0,539 | 0,610 |
| 128 | 0,071 | 0,070 | 200 | 0,157 | 0,222 | 176 | 0,000 | 0,019 | | | |
| | | | 202 | 0,053 | 0,163 | 178 | 0,000 | 0,021 | | | |
| | | | | | | Excl. | | 2 | | | |
| <i>MCvCIRCPQ14</i> | | | <i>MCvCIRCPQ3</i> | | | <i>MCvCIRCPQ11</i> | | | <i>MCvCIRCPQ16</i> | | |
| Alelo | JOA | PRG | Alelo | JOA | PRG | Alelo | JOA | PRG | Alelo | JOA | PRG |
| 82 | 0,017 | 0,000 | 106 | 0,044 | 0,000 | 84 | 0,072 | 0,108 | 136 | 0,015 | 0,000 |
| 86 | 0,127 | 0,000 | 108 | 0,073 | 0,106 | 86 | 0,158 | 0,197 | 138 | 0,043 | 0,028 |
| 88 | 0,096 | 0,038 | 110 | 0,044 | 0,000 | 88 | 0,106 | 0,076 | 140 | 0,073 | 0,105 |
| 90 | 0,024 | 0,005 | 112 | 0,006 | 0,040 | 90 | 0,000 | 0,000 | 142 | 0,009 | 0,015 |
| 92 | 0,052 | 0,062 | 114 | 0,096 | 0,076 | 92 | 0,014 | 0,000 | 146 | 0,039 | 0,000 |
| 94 | 0,151 | 0,186 | 116 | 0,035 | 0,048 | 94 | 0,024 | 0,029 | 148 | 0,022 | 0,052 |
| 96 | 0,231 | 0,271 | 118 | 0,006 | 0,028 | 96 | 0,061 | 0,095 | 150 | 0,006 | 0,065 |
| 98 | 0,144 | 0,110 | 120 | 0,192 | 0,164 | 98 | 0,000 | 0,000 | 156 | 0,089 | 0,000 |
| 100 | 0,036 | 0,230 | 122 | 0,072 | 0,095 | 100 | 0,015 | 0,024 | 168 | 0,020 | 0,010 |
| 102 | 0,064 | 0,000 | 124 | 0,114 | 0,115 | 102 | 0,020 | 0,012 | 170 | 0,167 | 0,175 |
| 104 | 0,056 | 0,097 | 126 | 0,122 | 0,131 | 104 | 0,071 | 0,045 | 172 | 0,133 | 0,158 |
| 106 | 0,002 | 0,000 | 128 | 0,064 | 0,048 | 106 | 0,000 | 0,012 | 174 | 0,012 | 0,008 |
| | | | 130 | 0,031 | 0,040 | 108 | 0,005 | 0,011 | 176 | 0,149 | 0,106 |
| | | | 132 | 0,010 | 0,000 | 110 | 0,051 | 0,020 | 178 | 0,180 | 0,268 |
| | | | 134 | 0,006 | 0,065 | 112 | 0,105 | 0,041 | 184 | 0,042 | 0,011 |
| | | | 136 | 0,044 | 0,045 | 114 | 0,087 | 0,018 | | | |
| | | | 138 | 0,037 | 0,000 | 116 | 0,048 | 0,101 | | | |
| | | | 150 | 0,004 | 0,000 | 118 | 0,098 | 0,109 | | | |
| | | | | | | 120 | 0,013 | 0,021 | | | |
| | | | | | | 122 | 0,016 | 0,045 | | | |
| | | | | | | 124 | 0,013 | 0,020 | | | |
| | | | | | | 126 | 0,022 | 0,018 | | | |

JOA = Joaquina; PRG = Progênie; Excl. = alelo exclusivo da progênie em relação a população (em negrito).

Entre as populações, a heterozigidade média observada e esperada foi de 0,693 (de 0,651 até 0,725) e 0,711 (de 0,665 até 0,748) respectivamente (Tabela 22). A população de Laguna apresentou os menores índices de diversidade genética. Os valores do índice de fixação médio dentro de populações (F_{IS}) foram próximos entre as populações, e não diferente de zero, indicando pouca diferença genética entre elas. A riqueza alélica média (A) foi de 9,2 por *loci*, enquanto que o número médio de alelos por indivíduo/*loci* (A_i) foi de 3,0. A riqueza genotípica média (G) foi de 43.

Tabela 21: Caracterização genética de oito *loci* microssatélites em quatro populações de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae), Santa Catarina - Brasil.

| <i>Locus</i> | <i>N</i> | <i>A</i> | <i>A_i</i> | <i>G</i> | \hat{H}_O | \hat{H}_E | \hat{F} |
|--------------|----------|----------|----------------------|----------|-------------|-------------|-----------|
| MCvCIRCPQ14 | 699 | 14 | 3,31 | 154 | 0,853 | 0,876 | 0,027* |
| MCvCIRCPQ3 | 700 | 18 | 3,77 | 259 | 0,954 | 0,893 | -0,069* |
| MCvCIRCPQ8 | 703 | 5 | 1,63 | 15 | 0,262 | 0,314 | 0,168* |
| MCvCIRCPQ6 | 700 | 6 | 2,47 | 26 | 0,584 | 0,710 | 0,178 |
| MCvCIRCPQ11 | 692 | 22 | 3,53 | 342 | 0,899 | 0,929 | 0,033* |
| MCvCIRCPQ7 | 698 | 7 | 3,00 | 18 | 0,618 | 0,556 | -0,112 |
| MCvCIRCPQ16 | 694 | 18 | 4,00 | 171 | 0,953 | 0,884 | -0,079* |
| MCvCIRCPQ15 | 698 | 4 | 2,00 | 13 | 0,494 | 0,539 | 0,085* |
| Média | 698 | 11,75 | 2,90 | 125 | 0,702 | 0,713 | 0,015 |
| DP | 3,5 | 7,07 | 0,80 | 128 | 0,253 | 0,223 | 0,070 |

N = número de indivíduos; *A* = riqueza alélica; *A_i* = riqueza alélica dentro do indivíduo; *G* = número médio de indivíduos com quatro alelos distintos; \hat{H}_O = heterozigidade observada; \hat{H}_E = heterozigidade esperada; \hat{F} = índice de fixação. $P < 0,001^*$

Tabela 22: Variação genética em oito *loci* microsatélites de progênies de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae), população Joaquina, Florianópolis/SC- Brasil.

| <i>Locus</i> | <i>N</i> | <i>A</i> | <i>Ai</i> | <i>G</i> | \hat{H}_O | \hat{H}_E | \hat{F} | R |
|--------------|----------|----------|-----------|----------|-------------|-------------|-----------|----------|
| MCvCIRCPQ14 | 283 | 8 | 3,89 | 25 | 0,982 | 0,812 | -0,210* | 2 |
| MCvCIRCPQ3 | 276 | 13 | 3,86 | 126 | 0,976 | 0,902 | -0,082* | 6 |
| MCvCIRCPQ8 | 283 | 3 | 2,18 | 4 | 0,561 | 0,542 | -0,035* | 0 |
| MCvCIRCPQ6 | 283 | 5 | 3,33 | 23 | 0,878 | 0,758 | -0,158 | 0 |
| MCvCIRCPQ11 | 251 | 19 | 3,83 | 102 | 0,970 | 0,903 | -0,074* | 13 |
| MCvCIRCPQ7 | 283 | 5 | 2,80 | 17 | 0,747 | 0,612 | -0,220 | 5 |
| MCvCIRCPQ16 | 278 | 13 | 3,76 | 70 | 0,957 | 0,875 | -0,095* | 2 |
| MCvCIRCPQ15 | 283 | 2 | 2,59 | 3 | 0,698 | 0,476 | -0,466* | 0 |
| Média | 277,5 | 8,5 | 3,28 | 46,25 | 0,846 | 0,735 | -0,151 | 3,5 |
| DP | 11,06 | 5,95 | 0,67 | 47,11 | 0,159 | 0,170 | 0,064 | 4,5 |

N = número de indivíduos; *A* = riqueza alélica; *Ai* = riqueza alélica dentro do indivíduo; *G* = número médio de indivíduos com quatro alelos distintos; \hat{H}_O = heterozigosidade observada; \hat{H}_E = heterozigosidade esperada; \hat{F} = índice de fixação; **R** = número de alelos raros. $P < 0,001^*$

Tabela 23: Variação genética de quatro populações de *Varronia curassavica* Jacq., Santa Catarina - Brasil.

| ID | <i>N</i> | <i>Alelo</i> | <i>A</i> | <i>Ai</i> | <i>G</i> | \hat{H}_O | \hat{H}_E | \hat{F}_{IS} | R | Ex |
|-----|----------|--------------|----------|-----------|----------|-------------|-------------|----------------|----------|-----------|
| CAM | 100 | 70 | 8,8 | 2,9 | 29,9 | 0,684 | 0,713 | 0,04 | 32 | 2 |
| JOA | 396 | 79 | 9,9 | 2,9 | 74,9 | 0,711 | 0,716 | 0,01 | 35 | 6 |
| LAG | 100 | 69 | 8,6 | 2,8 | 32,4 | 0,651 | 0,665 | 0,02 | 28 | 2 |
| PAL | 100 | 76 | 9,5 | 3,0 | 34,4 | 0,725 | 0,748 | 0,03 | 34 | 8 |

N = número de indivíduos; *A* = riqueza alélica; *Ai* = riqueza alélica dentro do indivíduo; *G* = número médio de indivíduos com quatro alelos distintos; \hat{H}_O = heterozigosidade observada; \hat{H}_E = heterozigosidade esperada; \hat{F}_{IS} = índice de fixação intrapopulacional; **R** = alelo raro; **Ex** = alelo exclusivo. CAM = Campeche; JOA = Joaquina; LAG = Laguna; PAL = Palhoça. $P < 0,001^*$

Os valores de diversidade genética foram próximos aos encontrados para espécies poliplóides da família Boraginaceae, e superiores quando comparados a espécies diplóides. Meeus et al. (2012) estudaram a variação genética em diferentes populações de *Pulmonaria officinalis*, também utilizando oito *loci* de microsatélites e encontraram

heterozigidade esperada próxima aos valores encontrados no presente estudo ($\hat{H}_O \sim 0,80$ e $\hat{H}_E \sim 0,65$). Para *Eritrichium nanum*, Wirth et al. (2009) encontraram níveis elevados de heterozigidade, com \hat{H}_O variando de 0,847 a 0,958 e \hat{H}_E variando entre 0,801 a 0,952, entre os *loci*.

Com relação a espécies diplóides, Marulanda et al. (2011) obtiveram para *Cordia alliodora*, valores de $\hat{H}_O = 0,630$, $\hat{H}_E = 0,457$, e $A_i = 2,6$ utilizando 28 *loci* microssatélites; Prebble et al. (2015), encontraram para *Myosotis drucei*, $A = 3,75$ e \hat{H}_O médio de 0,059, menor que \hat{H}_E que variou de 0,074 a 0,667, em 12 *loci* microssatélite. Para *V. curassavica*, Hoeltgebaum et al. (2015) encontraram, para três populações, \hat{H}_E médio = 0,111 (de 0,098 até 0,126) e \hat{H}_O médio de 0,117 (de 0,085 até 0,143), empregando marcadores e número de indivíduos distintos do empregado neste estudo.

Estudos tem demonstrado que espécies poliplóides apresentam níveis elevados de heterozigidade quando comparadas as espécies diploides relacionadas (vide Brown & Young, 2000; Mahy et al., 2000; Hardy & Vekemans, 2001). A poliploidização pode estimular novas mudanças estruturais no genoma, proporcionando linhagens com variação genômica não disponível nos organismos diplóides (Otto 2007), além de ser considerada como a principal fonte geradora da variação do número de cromossomo em angiospermas (Pitrez et al., 2014). A literatura aponta que, dentre as vantagens decorrentes do aumento do genoma pela poliploidização, está uma maior tolerância às variações bióticas e abióticas (McIntyre, 2012). Tal atributo permite, além da expansão do nicho ecológico, maior flexibilidade na capacidade de resposta às mudanças ambientais (Adams & Wendel, 2005; Moore & Purugganan, 2005; Madlung, 2013). Esta flexibilização pode ser essencialmente vantajosa para espécies que mantêm suas populações em condições extremas e variáveis, tais como as encontradas pela *V. curassavica* nos ambientes de restinga. Para *V. curassavica*, a poliploidia pode se mostrar importante especialmente para balancear os efeitos de deriva, visto que as populações apresentaram elevados índices de alelos raros e que estes se mantêm nas progênies.

Os índices médios de fixação alélica dentro das populações, dentro das progênies e entre as populações foram distintos, porém, não significativamente diferente de zero, evidenciando ausência ou efeitos reduzidos de endogamia e deriva genética, aspecto que pode ser explicada pelo sistema reprodutivo da espécie que é tipicamente alógama, com mecanismos de autoincompatibilidade como heterostilia e protoginia (vide capítulo 3; Hoeltgebaum et al., 2017).

Deste modo, para *V. curassavica* o sistema reprodutivo, aliado a presença de mecanismos funcionais de autoincompatibilidade pode ser o principal fator responsável pela alta variabilidade genética existente dentro das populações, assim como pelos baixos índices de fixação detectados.

Além disso, o uso atual da espécie, direcionado à coleta de folhas, aparentemente não está afetando as populações, assim como o uso histórico pode ter ocorrido em baixa intensidade nestas áreas. Estudos etnobotânicos sobre as estratégias e intensidade de coletas realizadas para o extrativismo são necessários para confirmar esta hipótese.

4.4.3. ESTRUTURA GENÉTICA POPULACIONAL

A estrutura genética demonstrou que a maior parte da diversidade genética encontra-se dentro das populações ($H_S = 0,7107$) do que entre elas ($D_{ST} = 0,031$). Parte desta variação pode ser atribuída à divergência interpopulacional ($G_{ST} = 0,0488$), mostrando que em torno de 5% da variação alélica encontrada não é compartilhada pelas quatro populações por conta da existência de estrutura populacional (Tabela 23). Tal divergência é considerada baixa à moderada, reflexo da heterogeneidade encontrada nas frequências alélicas.

Os resultados encontrados na distribuição da variabilidade genética são convergentes com estudos realizados com espécie tropicais, tipicamente alógamas e com amplo fluxo gênico (Loveless & Hamrick, 1984; Hamrick & Godt, 1990; Wadt & Kageyama, 2004; Conte et al., 2008), cuja variação é mantida, em maior parte, dentro das populações. Possivelmente, para *V. curassavica*, o sistema reprodutivo com a presença de mecanismos funcionais de autoincompatibilidade, além de um fluxo gênico bastante efetivo, podem ser os fatores determinantes da reduzida divergência entre as populações (vide item fluxo gênico e tamanho de vizinhança).

Tabela 24: Estatísticas de diversidade genética de Nei (1973) para oito *loci* microssatélites em quatro populações de *Varronia curassavica* Jacq. em Santa Catarina, Brasil.

| <i>Locus</i> | H_T | H_S | D_{ST} | G_{ST} |
|--------------|--------|--------|----------|----------|
| MCvCIRCPQ14 | 0,8920 | 0,8653 | 0,0267 | 0,0299 |
| MCvCIRCPQ3 | 0,8881 | 0,8649 | 0,0232 | 0,0262 |
| MCvCIRCPQ8 | 0,3895 | 0,3676 | 0,0219 | 0,0562 |
| MCvCIRCPQ6 | 0,7324 | 0,7111 | 0,0213 | 0,0290 |
| MCvCIRCPQ11 | 0,9371 | 0,9156 | 0,0214 | 0,0229 |
| MCvCIRCPQ7 | 0,6305 | 0,5624 | 0,0681 | 0,1080 |
| MCvCIRCPQ16 | 0,8855 | 0,8679 | 0,0176 | 0,0199 |
| MCvCIRCPQ15 | 0,5784 | 0,5306 | 0,0478 | 0,0827 |
| Média | 0,7417 | 0,7107 | 0,0310 | 0,0488 |

H_T = diversidade genética total; H_S = diversidade genética média dentro das populações; D_{ST} = diversidade genética entre populações; G_{ST} = proporção de diversidade genética total entre as populações.

A análise do dendrograma gerado por meio da matriz de distância genética baseada na distância D (Nei, 1972) (Tabela 24, Figura 39) demonstrou agrupamento entre as populações do Campeche e Joaquina, revelando maior similaridade genética entre estas populações. Apesar de estar geograficamente mais distante das demais populações, Laguna se mostrou mais próxima das populações da Ilha de Santa Catarina. A população de Palhoça foi a menos similar do conjunto. A similaridade entre as populações da Joaquina e Campeche eram esperadas devido à proximidade destas e da existência de um contínuo em termos de ambiente, que conecta as duas áreas amostradas. Por proximidade, se esperaria que a população de Palhoça se agrupasse com Joaquina /Campeche. No entanto, Palhoça foi a que apresentou maior número de alelos e de alelos exclusivos. Desta forma, o agrupamento reflete de um modo geral, as discrepâncias percebidas nas frequências alélicas e no número de alelos por população (Tabela 18).

Embora os resultados demonstrem que não há uma tendência de isolamento por distância, a presença de alelos exclusivos nas populações e as diferenças observadas nas frequências alélicas refletem eventos de história evolutiva (como gargalos populacionais, históricos ou pressões de exploração) distintos.

Tabela 25: Matriz de distância D de Nei (1972), para quatro populações de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae).

| | Campeche | Joaquina | Laguna |
|----------|----------|----------|--------|
| Campeche | 0 | | |
| Joaquina | 0,1111 | 0 | |
| Laguna | 0,1371 | 0,1212 | 0 |
| Palhoça | 0,1405 | 0,1544 | 0,1360 |

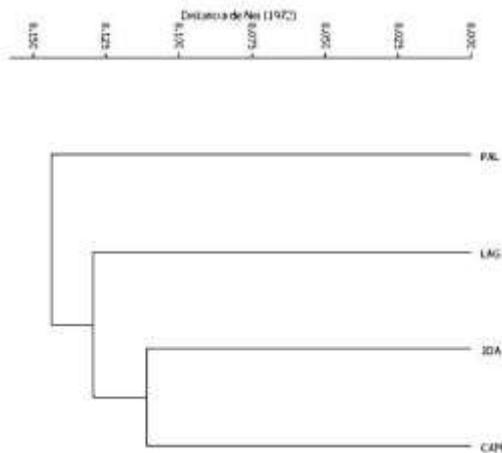


Figura 39: Dendrograma de divergência genética obtido a partir da distância D de Nei (1972), para quatro populações de *Varronia curassavica* Jacq. Correlação Cofenética = 0,88

4.4.4. FLUXO GÊNICO E TAMANHO DA VIZINHANÇA

A estimativa do fluxo gênico ou número de migrantes por geração entre as populações foi de $N_m = 4,87$. Segundo Hartl & Clark (2007), quando o fluxo gênico entre populações excede a 4 migrantes/geração há homogeneização de alelos entre as mesmas, e estas funcionam como populações panmíticas. Um fluxo gênico elevado diminui a perda de diversidade genética e contribui para a manutenção da viabilidade das populações, além de reduzir divergências entre as populações. É condizente com espécies alógamas que ocorrem de forma contínua e em elevado número. Este resultado também reflete a capacidade de dispersão da espécie e da presença da avifauna dispersora nos fragmentos avaliados (vide capítulo 3).

Varronia curassavica é polinizada por insetos e dispersa primariamente por aves (vide capítulo 3). De modo geral, o voo desses insetos é considerado curto, enquanto que as aves apresentam capacidade de voo a longas distâncias (Pizo & Oliveira, 1998). A capacidade limitada de voo destes insetos permite inferir que o fluxo gênico via dispersão de pólen ocorre de maneira mais efetiva dentro dos fragmentos e em áreas próximas. Contrapondo, a dispersão via semente deve acontecer a longas distâncias e entre as áreas, contribuindo com o fluxo gênico observado. As aves que dispersam as sementes da espécie são típicas de áreas abertas e antropizadas, capazes de se deslocar entre os fragmentos com alta habilidade de dispersão e alimentação generalista (Gimenes & Anjos, 2003) (vide capítulo 3).

O tamanho de vizinhança (N_b), ou o número de indivíduos reprodutivos, potencialmente aptos ao cruzamento, que trocam genes ao acaso entre as populações é de aproximadamente 31 indivíduos. Considerando estimativas feitas a partir de dados demográficos da população Joaquina (vide Capítulo 1), uma área mínima de ~0,6ha seria necessária para manter este número de indivíduos. Assim, em áreas similares às amostradas, números inferiores a 52 ind/ha⁻¹ implicaria em alterações na estrutura genética das populações, uma vez que os níveis de fixação aumentariam, bem como alterações nas frequências alélicas poderiam ser acentuada pelos efeitos de deriva, e conseqüentemente maior risco de perda de alelos de menor frequência (Reis 1996a).

4.4.5. TAMANHO EFETIVO POPULACIONAL

A estimativa do tamanho efetivo das populações (N_e), a partir do número amostral foi levemente inferior ao tamanho da amostra para todas as populações avaliadas refletindo o índice de fixação não significativo encontrado para todas as populações (Tabela 25). O tamanho amostral médio foi de 174 indivíduos, e o tamanho efetivo amostral médio foi de 171 indivíduos. A população da Joaquina apresentou os menores valores de referência e a do Campeche, os maiores valores de referência para conservação.

O valor médio para o $N_{e\ 50}$ foi de 51 indivíduos (± 1), para o $N_{e\ 500}$ foi de 513 indivíduos (± 9) e para o $N_{e\ 1.000}$, 1.026 indivíduos (± 15) (Tabela 11). Apenas para a população da Joaquina foi possível determinar a densidade da área. Nesta foi estimado 213 indivíduos/ha (considerando todas as classes) encontrados em uma área equivalente a 563 ha de Parque. Desta forma, poderiam ser encontrados

aproximadamente 67 mil indivíduos, considerando que da área total do Parque devem ser desconsideradas os ambientes de dunas móveis, estimado em cerca 250 ha que representam espaços desprovidos de vegetação. Tal valor é bastante superior ao requerido para a conservação em longo prazo.

Tabela 26: Tamanho efetivo populacional (N_e) para valores de referência de 50, 500 e 1000 indivíduos para indivíduos de quatro populações de *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae), em Santa Catarina.

| ID | N | \hat{f} | N_e | N/ N_e | N_e | N_e | N_e |
|----------|-----|-----------|-------|----------|-------|-------|-------|
| | | | | | 50 | 500 | 1000 |
| Campeche | 100 | 0,04 | 96 | 1,042 | 52 | 521 | 1042 |
| Joaquina | 396 | 0,01 | 393 | 1,008 | 50 | 504 | 1008 |
| Laguna | 100 | 0,02 | 98 | 1,020 | 51 | 510 | 1020 |
| Palhoça | 99 | 0,03 | 96 | 1,035 | 52 | 518 | 1035 |
| Média | 174 | 0,03 | 171 | 1,026 | 51 | 513 | 1026 |
| DP | 148 | 0,01 | 148 | 0,015 | 0,95 | 8,61 | 15,23 |

N = número de indivíduos amostrados; \hat{f} = índice de fixação; N_e = tamanho efetivo populacional; DP = desvio padrão.

Para *V. curassavica* não foi possível identificar com exatidão o número de indivíduos adultos, devido à dificuldade de se estabelecer coortes a partir das características morfológicas da espécie. Porém, inferindo este a partir dos indivíduos que estavam em reprodução na avaliação, o número é de cerca de 57 ind.ha⁻¹, valor compatível com a estimativa de N_b para as áreas amostradas (52 ind.ha⁻¹). Assim é possível concluir que há um número de indivíduos suficiente para ultrapassar o N_e 1000, ou seja, a restinga da Joaquina guarda uma população que garantiria a conservação genética da espécie a longo prazo. Em termos de tamanho de área, para manter a diversidade genética seria necessário uma área mínima de 8,84/ha para um N_e 500, e de 17,68/ha para um N_e 1000, para viabilizar a conservação a médio e longo prazos da população.

Apesar da densidade não ser conhecida para os demais fragmentos, o padrão agregado de distribuição e um número elevado de indivíduos se mantém. O tamanho dos fragmentos avaliados, no entanto, é variável, assim como a pressão sobre estes. Das áreas amostradas, Campeche é a menor delas, com cerca de 60 ha de restinga margeando a praia em uma faixa estreitada, porém, contínua a área da Joaquina. A restinga da Palhoça possui uma área de 107 ha aproximadamente, e a restinga da Laguna cerca de 1.000 ha. Extrapolando os valores obtidos

para as demais áreas, as mesmas poderiam ser consideradas como equivalentes em termos de área mínima, uma vez que aos valores de referência foram próximos. Deste modo, todas as áreas atuais seriam suficientes para a conservação da espécie em longo prazo. No entanto, há de se considerar a heterogeneidade ambiental presente, onde há amplos espaços não colonizados pela espécie, e que são distintos em cada uma delas (vide capítulo 1), além dos demais fatores mencionados. Os valores obtidos também devem ser conservadores considerando que a espécie apresenta distribuição agregada e mecanismos de autoincompatibilidade.

4.5. CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu a detecção da poliploidia, agregando uma nova informação ao conhecimento citogenético da espécie. Do ponto de vista ecológico, a duplicação do genoma pode trazer vantagens evolutivas e adaptativas às variações ambientais, além de conferir menor suscetibilidade aos efeitos de deriva quando comparados às diploides. Também, poliplóides apresentam no geral, boa capacidade de colonizar habitats pioneiros, tais como os encontrados em áreas de restinga.

O sistema reprodutivo da espécie, aliado a presença de mecanismos de autoincompatibilidade pode ser o principal fator responsável pela alta variabilidade genética existente dentro das populações, assim como pelos baixos índices de fixação detectados.

O fluxo gênico elevado, condizente com espécies alógamas, trás reflexos da capacidade de dispersão da espécie, assim como da presença de vetores efetivos nos fragmentos avaliados. Também contribui para amenizar os efeitos de estruturação entre as populações. Assim, as diferenças encontradas entre elas podem refletir eventos de história evolutiva distintos, uma vez que não há indícios de isolamento por distância.

Todas as áreas avaliadas apresentaram potencial de conservação em longo prazo das populações de *V. curassavica*. Contudo, a pressão antrópica em torno destas, em especial a imobiliária, tem sido crescente e reduzido consideravelmente as restingas do Estado. Um maior rigor na proteção legal garantiria a manutenção da biodiversidade existente, bem como favoreceria a manutenção de importante fonte de matéria-prima para produção de fitoterápicos oriundos da flora nativa.

CAPÍTULO 5

IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO E USO DE *Varronia Curassavica* Jacq.



*“Não é a terra que é frágil. Nós é que somos frágeis.
A natureza tem resistido a catástrofes muito piores do que as que
produzimos. Nada do que fazemos destruirá a natureza.
Mas podemos facilmente nos destruir.”*

James Lovelock

5.1. IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO

A conservação dos recursos genéticos tem como objetivo a manutenção de indivíduos que representem a variabilidade genética de uma espécie (Nodari & Guerra, 2001). Esta se constitui em uma atividade complexa que implica em um conjunto de ações que depende das características biológicas das espécies e suas populações, e de como estas respondem e se inter-relacionam com o ambiente.

Para *V. curassavica*, devido à importância e aplicabilidade dos seus compostos metabólicos, estudos voltados à fitoquímica deram suporte para seu uso, especialmente em escala industrial. No entanto, o conhecimento básico de aspectos da autoecologia é imprescindível para a compreensão das implicações genéticas e ecológicas na manutenção das populações nos ambientes naturais de ocorrência, e também para fomentar propostas de medidas de conservação deste importante recurso genético.

De fato, este estudo se preocupou, inicialmente, em responder a questões biológicas da espécie e de suas inter-relações com o ambiente. Entretanto, a integração dos resultados sobre os diferentes aspectos da autoecologia permitiu gerar informações inéditas para a espécie e assim compreender de maneira mais abrangente os processos biológicos e ecológicos aos quais as populações estão submetidas em seus ambientes de ocorrência, e assim identificar questões pertinentes à conservação da mesma. Mas, além disso, tais informações evidenciaram a importância ecológica de *V. curassavica* dentro do contexto da restinga, considerado atualmente como um dos ecossistemas associados à Mata Atlântica mais ameaçados pela pressão antrópica.

As áreas de restinga vêm sofrendo historicamente com a substituição de sua cobertura vegetal. Com as alterações incorporadas ao Código Florestal (Lei Estadual Nº 16.342 de 21/01/2014), as restingas foram caracterizadas como áreas urbanas, permitindo que o Plano Diretor de cada município regulamente a substituição da sua cobertura, fato que vem acontecendo em ritmo acelerado e de forma agravante em Santa Catarina, assim como nos demais estados da costa brasileira.

Frente às ameaças a este ecossistema, a conservação das espécies que nele ocorrem depende assim, da visibilidade e reconhecimento de suas potencialidades e de seus valores ambientais, sociais e econômicos (Coradin, 2011). Neste sentido, a valorização da espécie e do ecossistema pode ser pensada a partir da lógica da conservação pelo uso, desde que fundamentada em práticas e estratégias que favoreçam a

manutenção das restingas e da biodiversidade nela existente. Estudos têm demonstrado que populações locais são incentivadas a conservar quando seus meios de subsistência dependem de produtos e valores produzidos a partir dessa biodiversidade (vide Steenbock & Reis, 2004; Berkes & Davidson-Hunt, 2006; Mariot et al., 2010; 2014; Mattos, 2015).

Com os resultados encontrados neste trabalho também foi possível identificar potencialidades de uso para a espécie além do seu potencial medicinal, e ainda, identificar estudos que possam complementar o conhecimento até aqui obtido com vistas à manutenção genética de suas populações *in situ* e *ex situ*.

5.1.1. IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO *IN SITU* e *EX SITU*

Os resultados provenientes do estudo sobre a dinâmica populacional demonstraram que *V. curassavica* apresentou capacidade regenerativa e de colonização, com baixa mortalidade de plântulas. Sua distribuição na restinga herbácea subarbusciva, com ocorrência a partir das dunas frontais evidencia a importância do seu papel para a manutenção da cobertura vegetal e para a fixação de dunas. O número de indivíduos presentes e seu padrão de distribuição agregado contribuem para imprimir a fitofisionomia dessas áreas. Além disso, os atributos demográficos e biológicos evidenciados para *V. curassavica*, como o hábito arbustivo densamente ramificado, o padrão agregado de distribuição, capacidade de colonização, crescimento rápido, além de ser pioneira e heliófita, confere à mesma, elevado potencial de facilitação, podendo assim interferir nas condições microclimáticas e com isso favorecer ou facilitar o aparecimento e estabelecimento de outras espécies da restinga. Evidências de facilitação em ambientes adversos podem ser encontrados em Shumway (2000), Franks (2003), Martinez (2003), Dias et al. (2005).

Com relação a sua distribuição na restinga, o estudo realizado na Joaquina evidenciou que a população pode responder com diferenças demográficas e genéticas relacionadas à heterogeneidade ambiental. As baixadas secas representam zonas preferenciais de crescimento e desenvolvimento da espécie, assim como estas detém a maior riqueza alélica, alelos raros e exclusivos. Por outro lado, ambientes alagados, sem cobertura vegetal e com inclinação muito acentuada são os ambientes menos favoráveis ao estabelecimento e desenvolvimento dos indivíduos da espécie, demonstrando a importância da fitofisionomia e da heterogeneidade ambiental para a distribuição e manutenção das

populações de *V. curassavica* nas áreas de restinga. Logo, onde a restinga é mais homogênea em termos de microambientes pode-se esperar que o padrão agregado de distribuição espacial pudesse ser alterado. Assim, essa diversidade de ambientes, que é típica desse ecossistema é um dos elementos que deve ser considerado na definição de áreas mínimas para a conservação e no tamanho efetivo populacional, quando da definição de estratégias para a conservação *in situ*.

Contrapondo o padrão espacial dos indivíduos, a distribuição espacial dos genótipos foi aleatória, sugerindo que a movimentação de alelos dentro de populações deve estar condicionada ao grau de compatibilidade genética entre os indivíduos. A presença da heterostilia, por sua vez, ao mesmo tempo em que favorece a movimentação dos genes e a fecundação cruzada, pode implicar em maior vulnerabilidade para a espécie no que concerne aos efeitos da fragmentação do hábitat, uma vez que há uma dependência tanto de indivíduos vizinhos geneticamente compatíveis para cruzamento quanto da ação dos polinizadores (vide Washitani et al., 2005).

A dependência da fauna é fortemente evidenciada nos resultados relacionados à biologia reprodutiva da espécie, sendo esta o elemento basilar responsável pela movimentação dos alelos nas populações (realização de cruzamentos e do fluxo gênico via pólen e sementes). Por outro lado, a manutenção da fauna perpassa pela necessidade de espécies vegetais estratégicas que ofertem recursos para atração e alimentação destes animais. Nos processos de conservação das restingas *V. curassavica* pode ser considerada estratégica em termos de atração e manutenção de animais. A espécie disponibiliza, ao longo de todo do ano, recursos tróficos para diversos vetores de transporte de pólen e aves, muitos dos quais atuam como polinizadores e dispersores de várias outras espécies na área de restinga. Além dos recursos florais e dos frutos, os níveis de herbivoria registrados nas folhas da espécie e a diversidade de danos encontrados indicam que outros grupos, além daqueles polinizadores e dispersores são favorecidos, promovendo uma grande diversidade de interações dentro do ecossistema em que ocorre. A manutenção de espécies zoocóricas em ecossistemas urbanos e fragmentados é de grande relevância para a atração da avifauna, especialmente na restinga, que é considerada como um ecossistema relativamente pobre em riqueza de aves (Gonzaga et al., 2000, Alves et al., 2004).

Em termos genéticos, a heterogeneidade encontrada entre as populações avaliadas, com presença de alelos exclusivos em todas estas

populações e expressivo percentual de alelos raros ressalta o papel das restingas como mantenedoras dessa diversidade, assim como de se estabelecer políticas públicas e ações estratégicas de uso e conservação desta diversidade *in situ*, uma vez que a complexidade dos ecossistemas promove interações que não ocorrem em outras situações (Guerra & Nodari, 2001).

A elevada diversidade genética encontrada nas populações pode ser explicada por um conjunto de fatores. As estratégias reprodutivas da espécie, considerando os diferentes aspectos biológicos e mecanismos aqui evidenciados, aliado ao ciclo fenológico e às taxas de cruzamento estimadas, convergem para um sistema eficiente de cruzamentos aleatórios com alogamia completa. Em seu conjunto, tais fatores contribuem para a manutenção dos níveis elevados de diversidade genética dentro das populações, assim como para os baixos índices de fixação detectados nos adultos e nas progênies.

Outro fator que contribui para estes índices de diversidade é a presença da poliploidia, que também traz implicações importantes para a conservação da espécie. Dentre os efeitos positivos da poliploidização, além do aumento do genoma (Madlung, 2013) está a menor suscetibilidade aos efeitos de deriva quando comparados às diploides (Moody et al., 1993). Dentro do contexto de ameaça e pressão sobre os habitats tal atributo pode amenizar os gargalos provocados por perdas na variação genética. Do ponto de vista ecológico, a presença desta diversidade alélica, também resultante da duplicação do genoma, acarreta em vantagens evolutivas e adaptativas às variações ambientais, como mencionado em Madlung (2013), conferindo às espécies maior flexibilidade, favorecendo sua sobrevivência em eventuais distúrbios biológicos e ou climáticos que possam ocorrer. Aspectos que podem estar ocorrendo em *V. curassavica*. Por sua vez, a poliploidia pode provocar modificações nos mecanismos de autoincompatibilidade, impactando diretamente no padrão de cruzamento da espécie (Entani et al., 1999; De Nettancourt, 2000; Galloway et al., 2003) e assim trazer uma série de alterações na atual estrutura genética e no equilíbrio endogâmico encontrado nos adultos e progênies. Estudos referentes à manutenção destes mecanismos em médio prazo são essenciais para diagnosticar a manutenção do sistema atual.

Com relação à estrutura genética, as populações analisadas apresentaram uma baixa divergência. O elevado fluxo gênico e a alta taxa de cruzamento justificam a redução da divergência populacional. A não adequação ao modelo de isolamento por distância sugere que as

diferenças observadas sejam provenientes de eventos de história evolutiva distintos.

A diversidade encontrada e a baixa divergência demonstram que todas as populações estudadas apresentam potencial para conservação genética. Além disso, todas as respectivas áreas apresentam potencial de conservação em longo prazo para a espécie, comprovado pelo tamanho efetivo populacional. Os resultados evidenciaram que mesmo pequenas áreas são importantes, e estas podem abrigar elevado número de alelos exclusivos, a exemplo do que foi encontrado na população de Palhoça. Assim, de certa maneira, tanto o PMDL, quanto o PEST e a APA da Baleia Franca estão cumprindo, até o momento, o seu papel de conservação em relação a esta espécie.

Para manter a diversidade encontrada, as ações de conservação e de manejo devem considerar uma estimativa mínima de 1026 indivíduos/ha⁻¹, pelo menos 52 reprodutivos/ha⁻¹ e uma área não menor que 18 ha. Números inferiores poderiam implicar em alterações nas frequências alélicas, maior vulnerabilidade aos efeitos de deriva e, conseqüentemente, maior risco de perda de alelos de baixa frequência, além do aumento nos níveis de fixação (Reis, 1996a). Estes resultados, no entanto, devem ser conservadores por conta dos fatores de variações que podem ocorrer associadas à distribuição espacial, heterostilia e níveis de ploidia.

Devido à reduzida divergência entre as populações e a elevada heterozigosidade encontrada dentro delas, como estratégia de conservação *in situ*, sugere-se a estruturação de poucas reservas, mas estas devem comportar, além dos números mínimos sugeridos acima, a possibilidade de manter a fauna associada, indispensável para a sobrevivência e manutenção da diversidade genética da espécie.

Cabe ressaltar ainda que *V. curassavica* é uma espécie subarbustiva perene, porém, não longeva (Smith, 1970). Assim, os níveis de diversidade e estruturação das populações refletem eventos relativamente recentes, como aqueles relacionados à reprodução, exploração, redução e fragmentação dos habitats. Isso significa que o quadro atual pode ser dinâmico. Assim, trabalhos futuros devem considerar a análise da manutenção alélica especialmente em populações submetidas a maior pressão antrópica.

A existência de uma complexidade de inter-relações e a importância destas para a manutenção dos processos biológicos e genéticos das populações de *V. curassavica* (Figura 40), assim como, a importância ecológica que esta espécie representa para as restingas

ressalta a importância da conservação *in situ*. Assim sendo, é necessário pensar em ações que possam contribuir para a conservação destas áreas frente à atual pressão antrópica sobre as mesmas. Mesmo com todo o potencial ainda existente, a redução dessas áreas pode comprometer toda a diversidade encontrada, e levar a reduções drásticas destas populações, inviabilizando consequentemente a manutenção destas dentro deste ecossistema. Um maior rigor na proteção legal e medidas de conservação por meio do uso sustentável e valorização da flora nativa poderiam estimular e auxiliar na reversão de ameaça do quadro atual.

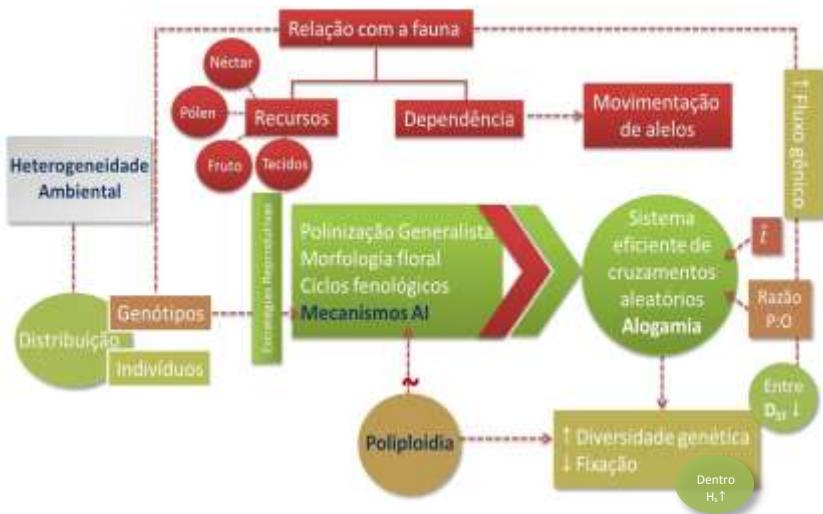


Figura 40: Inter-relações dos processos biológicos e ecológicos de *V. curassavica* Jacq. dentro do contexto da restinga. H_S = Diversidade genética dentro das populações; D_{ST} = Diversidade genética entre as populações; P:O = Pólen:óvulo; \hat{t} = taxa de cruzamento aparente.

Ao se considerar medidas de conservação *ex situ*, coletas de sementes podem ser realizadas em poucas áreas, devido à reduzida divergência encontrada entre as populações, todavia, em um número elevado de indivíduos para garantir uma maior captura da diversidade alélica, que em grande parte encontra-se em baixa frequência. Além disso, deve-se considerar a existência da heterostilia e suas implicações em termos de reprodução. A identificação do morfo floral é necessária, bem como, uma coleta equilibrada que represente indivíduos com flores

brevistilas e longistilas, a fim de garantir a propagação sexual da espécie. Devido ao padrão de crescimento e agregação da espécie, as coletas também devem respeitar uma distância conservadora não inferior a 20 m entre indivíduos. Uma maior oferta de sementes pode ser encontrada entre os meses de setembro a novembro, período de maior intensidade de maturação dos frutos. A coleta de sementes também deve garantir a manutenção da espécie *in situ* e não prejudicar a fauna associada (Lei nº 11.428 de 22/12/2006).

5.1.2. IMPLICAÇÕES PARA O USO SUSTENTÁVEL

É possível pensar em uma forma de conservação a partir do estímulo ao uso sustentável? É possível pensar em uso sustentável de populações naturais de uma espécie como *V. curassavica*, cujo ecossistema apresenta elevada complexidade e fragilidade estrutural? Dada à importância da conservação *in situ* para as populações de *V. curassavica*, assim como da importância das restingas e dos seus recursos genéticos é importante que tal discussão seja considerada e que permeie as propostas de manutenção dessas áreas e das suas populações.

Diversos estudos têm demonstrado que quando algumas espécies tornam-se mais valorizadas, as ações de uso sobre estas podem contribuir não só com a manutenção da própria espécie, mas também do ecossistema associado. Exemplos podem ser encontrados em Steenbock & Reis (2004), Baldauf & Reis (2010), Filippon et al. (2012), Mariot (2014) e Mattos (2015), onde destacam o potencial da conservação por meio do uso. A utilização dos múltiplos recursos provenientes da biodiversidade é de grande importância na economia (Diegues 2002), especialmente para comunidades locais e povos tradicionais, e, quando a subsistência dessas comunidades depende de produtos e valores produzidos a partir da mesma, estas são motivadas a conservar o recurso (Berkes & Davidson-Hunt, 2006).

Para *V. curassavica*, a ausência de um histórico de exploração da espécie não permite inferir sobre a capacidade de manutenção destas populações sob exploração. Muito provável que, com o processo de urbanização e a perda do conhecimento associado (Pereira, 2003), o uso realizado pelas comunidades locais não seja suficientemente intenso para causar alterações nestas populações. Todavia, moradores nativos continuam utilizando as plantas da restinga apesar destes usos terem diminuído consideravelmente em relação ao passado rural (Melo et al.,

2008; Gandolfo & Hanazaki, 2011). Durante a realização deste trabalho, entrevistas informais e assistemáticas permitiram identificar uma demanda pelo recurso por pequenas empresas e associações que utilizam a espécie especialmente para a extração de óleos essenciais. Portanto, é de extrema importância que estudos etnobotânicos sejam incorporados às informações existentes a fim de se conhecer a intensidade de uso atual, material coletado (indivíduo, folhas, sementes) e identificar as áreas que estas atividades ocorrem. A integração destes estudos traria subsídios para compreender o impacto do uso sobre a diversidade e a estrutura genética existente, e contribuiriam com informações para medidas mais adequadas de conservação e manejo, a fim de garantir a manutenção da diversidade genética da espécie em seu habitat natural, além de agregar valor cultural à vegetação de restinga, somando esforços para a conservação deste ecossistema.

Por se tratar de um recurso florestal não madeireiro, para obtenção da matéria prima, apenas parte do vegetal é utilizada, desde que técnicas adequadas de manejo fossem aplicadas, o uso não eliminaria o genótipo da população e nem as interações que este proporciona em seu ambiente natural. Tal questão aliada às características reprodutivas e genéticas aqui levantadas confere à espécie, elevado potencial de uso sustentável, onde tanto suas populações quanto o seu hábitat possam também ser conservados. Frente à ocupação urbana, o incentivo de tais práticas poderia ser uma alternativa para manter as restingas como importante fonte de biodiversidade e de geração de renda local. Outrossim, faz-se necessário responder a diversos aspectos relacionados ao manejo, uso e à própria biologia da espécie, como capacidade de reposição da biomassa sob diferentes condições de exploração, e consequentes implicações na sua biologia reprodutiva, e ainda, considerar a legislação atual vigente. Além disso, a realização de ações de manejo sobre as populações de *V. curassavica* devem levar em consideração os possíveis impactos bióticos e abióticos no ecossistema e, portanto, é fundamental que estudos complementares contemplem a avaliação destes.

Sabe-se que para a *V. curassavica* os compostos de interesse medicinal são metabólitos secundários, cuja produção e concentração são influenciadas por fatores ambientais e fisiológicos (Zaroni et al., 2004). Assim, afora a possibilidade de conservação e manejo das populações em seus ambientes naturais, a variação genética encontrada, aliada ao fato de ser uma espécie pioneira, de crescimento rápido e que suporta adensamento, conferem à espécie perspectivas a serem exploradas em plantios comerciais. Mesmo considerando a necessidade

de homogeneização para a produção de fitoterápico em escala industrial, as restingas têm sua importância como mantenedoras dessa ampla diversidade genética que pode contribuir para o fornecimento de novos genótipos de interesse.

Além do uso por suas propriedades medicinais, com os resultados obtidos neste trabalho, outras potencialidades de emprego podem ser apontadas para a espécie e que contribuiriam para a valorização/conservação da flora da restinga. *Varronia curassavica* apresenta considerável potencial de atração da fauna, além de ter elevada tolerância ao estresse hídrico, a deficiências nutricionais e à alta luminosidade. Tais atributos, somados à capacidade de reposição foliar ao longo de todo ano, elevada biomassa, a um *continuum* na floração, ao rápido crescimento, atestado pela altura encontrada nos ingressantes na população, são características que se destacam pela sua importância para uso em projetos de recuperação de áreas degradadas, facilitando o estabelecimento da vegetação e atuando na atração de diásporos de outras espécies por meio da disponibilização de recursos para a fauna.

Estas características são igualmente importantes por se tratar de uma espécie que apresenta também potencial ornamental. *Varronia curassavica* é apontada pela sua beleza e indicada para compor agrupamentos e cercas vivas em jardins (Stumpf et al., 2009). Dentro do contexto urbano, o paisagismo ecológico vem se destacando como instrumento de conservação do meio ambiente, preconizando a utilização, valorização e priorização das espécies nativas (Stumpf et al., 2009). A substituição de plantas exóticas por nativas tem se mostrado como uma tendência cada vez mais estimulada (Ciotta & Nunes, 2009; Siminski & Reis, 2011). O emprego de *V. curassavica* em projetos paisagísticos, especialmente em regiões próximas às áreas costeiras, além de valorizar a flora nativa, se destacaria pelo papel de mantenedora dos elementos da fauna aqui identificados.

Em resumo, considerando as implicações de conservação e de uso aqui postas, juntamente com as potencialidades identificadas, é plausível vislumbrar diferentes cenários possíveis para esta espécie. O primeiro deles é a conservação das populações naturais de *V. curassavica* em áreas de restinga; o segundo contempla a possibilidade de uso e manejo sustentáveis em ambientes naturais, amparados pelo estudo da autoecologia; o terceiro é o da valorização das potencialidades da espécie por meio do seu emprego em projetos de recuperação de áreas e de valorização paisagística; e por fim, um quarto cenário, voltado a plantios oriundos de seleção e a caminho da domesticação. A integração

destes diferentes cenários pode resultar em significativos desdobramentos para ações estratégicas de aproveitamento, manutenção e conservação deste importante recurso vegetal, que por conta do seu uso, recebeu projeção internacional e tem despertados cada vez mais o interesse das pessoas e das empresas de medicamentos e alimentos.

10. REFERÊNCIAS

ADAMS, K.; WENDEL, J. Polyploidy and genome evolution in plants. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 8, p. 135-141, 2005.

AIDE, T. M. Herbivory as a selective agent on the timing of leaf production in a tropical understory community. **Nature**, v. 336, p. 574-575, 1988.

AIDE, T. M. Patterns of leaf development and herbivory in a tropical understory community. **Ecology**, v.74, n.2, p. 455-466, 1993.

AKISUE, M. K.; OLIVEIRA, F.; MORAES, M. S.; AKISUE, G.; MANCINI, B. Caracterização farmacognóstica da droga e da tintura de *Cordia verbenacea* DC. – Boraginaceae. **Revista de Ciências Farmacêuticas**, v.5, p. 69-82, 1983.

AL-SHEHBAZ, I.A. The genera of Boraginaceae in the Southeastern United States. **Journal of the Arnold Arboretum**, v. 1, p. 1-169, 1991.

ALVES, M. A. S.; A. STORNI; E. M. ALMEIDA; V. S. M. GOMES; OLIVEIRA, C. H. P.; MARQUES, R. V.; VECCHI, M. B. A comunidade de aves na restinga de Jurubatiba. p. 199-214. In: ROCHA, C.F.D. et al. (Eds.). **Pesquisa de longa duração na restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação**. São Carlos: RiMa, 2004.

AMATO, C.M. **Ecologia de populações de *Ocotea porosa* (Nees) Barroso em áreas submetidas a diferentes graus de perturbação**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 57 p. 2008.

ANGELO, A. C.; DALMOLIN, A. Interações Herbívoro-Planta e suas Implicações para o Controle Biológico: Que tipos de inimigos naturais procurar? In: PEDROSA-MACEDO, J. H.; DALMOLIN, A.; SMITH, C. W. (orgs.). **O Araçazeiro: Ecologia e Controle Biológico**. FUPEF, Curitiba, p. 71-91, 2007.

ANJOS, A. **Análise do Padrão de Distribuição Espacial do Palmiteiro (*Euterpe edulis*) Utilizando a Função K de Ripley**.

Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura, Luiz de Queiroz, Piracicaba SP, 1998.

AUGSPURGER, C.K. Mass-flowering of a tropical shrub (*Hybanthus pruniflorus*): influence on pollinator attraction and movement. **Evolution**, v. 34, p. 475–488, 1980.

BACLES, C.F.E.; ENNOS, R.A. Paternity analysis of pollen-mediated gene flow for *Fraxinus excelsior* L. in a chronically fragmented landscape. **Heredity**, v. 101, p. 368-380, 2008.

BALDAUF, C.; REIS, M.S.. Effects of Harvesting on Population Structure of Leatherleaf Fern (*Rumohra adiantiformis* (G. Forst.) Ching) in Brazilian Atlantic Rainforest. **American Fern Journal**, v. 100, n.3, p. 148-158, 2010.

BARATA, L. E. S. Empirismo e ciência: fonte de novos fitomedicamentos. **Ciência e Cultura**, v. 57, p. 4-5, 2005.

BARBOUR, M.G., BURK, J. H.; PITTS, W. D. **Terrestrial Plant Ecology**. 2. ed. Benjamim/Cummings, Menlo-Park. 1987.

BARCELOS, M. E. F.; RIGUETE, J. R.; SILVA, L. T. P.; FERREIRA, Jr. P. F. A visão panorâmica sobre os solos das restingas e seu papel na definição de comunidades vegetais nas planícies costeiras do sudeste do Brasil. **Natureza online**, v. 10, p. 71-76, 2012.

BARRETT, S.C.H. Heterostylous genetic polymorphisms: model systems for evolutionary analysis. In: BARRETT, S.C.H. (ed) **Evolution and function of heterostyly. Monographs on theoretical and applied genetics**. Berlin: Springer-Verlag, p. 1-29, 1992.

BARRETT, S.C.H. The evolution of plant sexual diversity. **Nat Rev Gen.**, v. 3, p. 274-284, 2002.

BARRETT, S.C.H. Mating strategies in flowering plants: the outcrossing-selfing paradigm and beyond. **Philos T Roy Soc B**, v. 358, p. 991-1004, 2003.

BARRET, S.C.H.; KHON, J.R. Genetic and evolutionary consequences of small population size in plants: implications for conservation. In: FALK, D.A.; HOLSINGER, K.E. Eds. **Genetics and conservation of rare plants**. Oxford University Press. 1991.

BARRINGER, B.C.; GEBER, M.A. Mating system and ploidy influence levels of inbreeding depression in *Clarkia* (Onagraceae). **Evolution**, v. 62-5, p. 1040–1051, 2008.

BARROSO, I.C.E.; OLIVEIRA, F.; CIARELLI, D.M. Morfologia da unidade de dispersão e germinação de *Cordia sellowiana* Cham. e *Cordia myxa* L. **Bragantia**, v. 68, p. 241-249, 2009.

BASILE, A. C.; SERTIÉ, J. A. A.; OSHIRO, T.; CALY, K. D. V.; PANIZZA, S. Topical anti-inflammatory activity and toxicity of *Cordia verbenacea*. **Fitoterapia**, v. 60, n.3, p.260-263, 1989.

BAWA, K. S.; WEBB, C. J. Flower, fruit and seed abortion in tropical forest trees: implications for the evolution of paternal and maternal reproductive patters. **American Journal of Botany**, v. 71, p.736-751, 1984.

BAWA, K.S. Breeding systems of trees species of lowland tropical community. **Evolution**, v. 28, p. 85-92, 1974.

BAWA, K.S. Breeding of tropical hardwoods: an evaluation of underlying bases, current status and future prospects. In: BURLEY J.; STYLES, B.T. Eds. **Tropical trees: variation, breeding and conservation**. Academic Press, London, p. 43-59, 1976.

BAWA, K.S. Mating systems, genetic differentiation and speciation in tropical rain forest plants. **Biotropica**, v. 24, p. 250-255, 1992.

BAWA, K.S.; NG, F. S. P. Phenology - commentary. In: BAWA, K.S.; HADLEY, M. Eds. **Reproductive ecology of tropical forest plants**. UNESCO, Paris. p. 17- 20, 1990.

BAWA, K.S.; WEBB, C.J. Flower, fruit and seed abortion in tropical forest trees: implications for the evolution of paternal and maternal reproductive patterns. **American Journal of Botany**, v. 71, p. 736-751, 1984.

BEATTIE, A.J. **The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms.** Cambridge. UK: Cambridge University Press, 196 p., 1985.

BEGON, M.; MORTIMER, M.; THOMPSON, D. J. **Population Ecology: a unified study of animals and plants.** 3. ed. Oxford: Blackwell. 1996.

BELO, R. M.; MOUTINHO, M. F.; SICSU, P.; FRIGERI, E. Formigas diminuem a quantidade de visitantes florais em *Cordia curassavica* (Boraginaceae). In: MACHADO, G.; OLIVEIRA, A. A.; PRADO, P. I. Eds. **Livro do curso de campo Ecologia da Mata Atlântica.** Universidade de São Paulo: São Paulo, p.1-4, 2011.

BENCKE, C.S.C.; MORELLATO, L.P.C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, vol. 25, n. 3, p. 269-276, 2002.

BENEZAR, R. M.C.; PESSONI, L.A. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Byrsonima coccolobifolia* (KUNTH) em uma savana amazônica. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 2, p. 159-168, 2006.

BERNASOL, W. P.; LIMA-RIBEIRO, M. S. Estrutura espacial e diamétrica de espécies arbóreas e seus condicionantes em um fragmento de cerrado sentido restrito no sudoeste goiano. **Hoehnea**, v. 37, p. 181-198, 2010.

BERKES, F.; DAVIDSON-HUNT, I.J. Biodiversity, traditional management systems, and cultural landscapes: examples from the boreal forest of Canada. **International Social Science Journal**, v. 58, n. 187, p.35-47, 2006.

BOLZANI, V. S.; VALLI, M.; PIVATTO, M.; VIEGAS JÚNIOR, C. Natural products from Brazilian biodiversity as a source of new models for medicinal chemistry. **Pure and Applied Chemistry**, v. 84, n.9, p.1837-1937, 2012.

BOND, W.; SLINGSBY, P. Collapse of an ant-plant mutualism: the Argentine ant (*Iridomyrmex humilis*) and myrmecochorous Proteaceae. **Ecology**, v. 65, p. 1031-1037, 1984.

BORCHERT, R. Phenology and ecophysiology of tropical trees: *Erythrina poeppigiana* O.F. Cook. **Ecology**, v. 61, p. 1065-1074, 1980.

BRANDÃO, D.S.; MENDES, A.D.R.; SANTOS, R.R.; ROCHA, S.M.G.; LEITE, G. L.D.; MARTINS, E.R. Biologia floral e sistema reprodutivo da erva-baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, p. 562-569, 2015.

BRASIL. 1999. Conselho Regional do Meio Ambiente (CONAMA). Aprova como parâmetro básico para análise dos estágios sucessionais da vegetação de Restinga para o Estado de Santa Catarina. Resolução nº 261, de 30 de junho de 1999. Diário Oficial, Brasília, DF, de 02 de agosto de 1999.

BRASIL. 2002. Conselho Regional do Meio Ambiente (CONAMA). Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002.

BRASIL. 2006. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Diário Oficial, Brasília, DF, 26 de dezembro de 2006.

BRASIL. 2011. Formulário de Fitoterápicos da Farmacopéia Brasileira. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília, 126p. Disponível em: < http://www.anvisa.gov.br/hotsite/farmacopeiabrasileira/formulario_fitoterapico.htm>. Acesso em: julho de 2015.

BRASIL. 2012. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em 23/09/2016.

BRASIL. 2014. Plantas de interesse ao SUS. Ministério da Saúde - Portal da saúde, Brasília. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/sus/pdf/marco/ms_relacao_plantas_mediciniais_sus_0603.pdf>. Acesso em: julho de 2015.

BRESOLIN, A. Flora da restinga da Ilha de Santa Catarina. **Insula**, v. 10, p. 1-55, 1979.

BROWN, A.H.D.; YOUNG, A.G. Genetic diversity in tetraploid populations of the endangered daisy *Rutidosia leptorrhynchoides* and implications for its conservation. **Heredity**, v. 85, p. 122-129, 2000.

BULLOCK, S. H. Breeding system in the flora of a tropical deciduous Forest in Mexico. **Biotropica**, v. 17, p. 287-301, 1985.

BUSO, G. S. C.; CIAMPI, A. Y.; AMARAL, Z. P. S.; BRONDANI, R. V. Marcadores microssatélites em espécies vegetais. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v. 7, p. 46-50, 2003.

CAMPOS-RÍOS, M.G.; CHIANG-CABRERA, F. El género *Varronia* P. Browne (Cordiaceae, Boraginales) en México. **Polibotánica**, v. 33, p. 1-32, 2012.

CARUSO JR., F. Mapa Geológico da Ilha de Santa Catarina - Texto explicativo e mapa. **Notas técnicas**, v. 6, p. 1-28, 1993.

CARUSO, M. M. L. **O desmatamento da Ilha de Santa Catarina de 1500 aos dias atuais**. 2. ed. Editora da UFSC, Florianópolis, 158 p. 1990.

CARVALHO JUNIOR, P.M.; RODRIGUES, R.F.O.; SAWAYA, A.C.H.F.; MARQUES, M.O.M.; SHIMIZU, M.T. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Cordia verbenacea* DC. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 95, p. 297-301, 2004.

CASTRO, D.; SOUZA, M.; MENEZES, L.F.T. Estrutura da formação arbustiva aberta não inundável na restinga da Marambaia, RJ. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, p. 75-77, 2007.

CECCA (Centro de Estudos Cultura e Cidadania). **Unidades de conservação e áreas protegidas da Ilha de Santa Catarina: caracterização e legislação**. Florianópolis, Insular, 160p, 1997.

CESÁRIO, L.F.; GAGLIANONE, M. C. Biologia floral e fenologia reprodutiva de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) em Restinga do Norte Fluminense. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 3, p. 828–833, 2008.

CHAMBERS, L.E.; ALTWEGG, R.; BARBRAUD, C.; BARNARD, P.; BEAUMONT, L.J.; CRAWFORD, R.J.M.; DURANT, J.M.; HUGHES, L.; KEATLEY, M.R.; LOW, M.; MORELLATO, L.P.C.; POLOCZANSKA, E.S.; RUOPPOLO, V.; VANSTREELS, R.E.T.; WOHLER, E.J.; WOLFAARDT, A.C. Phenological Changes in the Southern Hemisphere. **Plos One**, v. 8, n. 10, p. 1-12, 2013.

CHUNG, M.Y.; CHUNG, G.M.; CHUNG, M.G. Spatial genetic structure in populations of *Cymbidium goeringii* (Orchidaceae). **Genes & Genetic Systems**, v. 73, p. 281-285, 1998.

CIOTTA, M.N.; NUNES, E. C. Espécies com potencial ornamental de ocorrência no planalto sul catarinense. Florianópolis: **Boletim Técnico Epagri**, v. 148, 31p, 2009.

COLEMAN, J. R. Chromosome numbers in angiosperms collected in the state of São Paulo. **Revista Brasileira de Genética**, v.3, p. 533-549, 1982.

COLEY, P.D.; BARONE, J.A. Herbivory and plant defenses in tropical forests. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 27, p. 305-335, 1996.

CONDIT, R.; ASHTON, P. S.; BAKER, P.; BUNYAVEJCHEWIN, S.; GUNATILLEKE, S.; GUNATILLEKE, N.; YAMAKURA, T. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. **Science**, v. 288, p. 1414-1418, 2000.

CONNELL, J.H.; TRACEY, J.G.; WEBB, L.J. Compensatory recruitment, growth, and mortality as factors maintaining rain forest tree diversity. **Ecological Monographs**, v. 54, p. 141-164, 1984.

CONTE, R.; REIS, M.S.; MANTOVANI, A.; ROLAND VENCOVSKY, R. Genetic Structure and Mating System of *Euterpe edulis* Mart. Populations: A Comparative Analysis Using Microsatellite

and Allozyme Markers. **Journal of Heredity**, v. 99, n. 5, p. 476-482, 2008.

CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL; Fundação SOS Mata Atlântica; Fundação Biodiversitas; Instituto de Pesquisas Ecológicas; Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo; Instituto Estadual de Florestas - MG. **Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos**. Brasília: MMA/SBF. 40p, 2000.

COPPI, A; CECCHI, L.; MENGONI, A.; PUSTAHIJA, F.; TOMOVIĆ, G.; SELVI, F. Low genetic diversity and contrasting patterns of differentiation in the two monotypic genera *Halacsya* and *Paramoltkia* (Boraginaceae) endemic to the Balkan serpentine. **Flora**, v. 209, p. 5- 14. 2014.

CORADIN, L. A iniciativa plantas para o futuro. In: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. ed. **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial Plantas para o Futuro – Região Sul**. Ministério do Meio, MMA. Biodiversidade, 40. 2011.

CORTÉS-FLORES, J.; ANDRESEN, E.; CORNEJO-TENORIO, G.; IBARRA-MANRÍQUEZ, G. Fruiting phenology of seed dispersal syndromes in a Mexican Neotropical temperate forest. **Forest Ecology and Management**, v. 289, p. 445–454. 2013.

CRAWLEY, M. J. Plant-Herbivores Dynamics. In: CRAWLEY, M. J. (ed.). **Plant Ecology**. 2. ed. Oxford: Blackwell Science, p.401-474. 1997.

CRAWLEY, M. J.; MAY, R. M. Population dynamics and plant community structure: competition between annuals and perennials. **Journal of theoretical Biology**, v. 125, p. 475-489, 1987.

CRUDEN, R. W. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. **Evolution**, v. 3, p. 32-46, 1977.

DAFNI A. Pollination ecology: a practical approach. Oxford University Press, New York, 250 p., 1992.

- DAHLGREN, J. P.; ZEPEL, H. V.; EHRLÉ, N. J. Variation in vegetative and flowering phenology in a forest herb caused by environmental heterogeneity. **American Journal of Botany**, v. 94, n. 9, p. 1570–1576, 2007.
- DARWIN, C. **The different forms of flowers on plants of the same species**, by Charles Darwin. London: John Murray. 1877.
- DE NETTANCOURT, D. **Incompatibility and Incongruity in Wild and Cultivated Plants**. Berlin: Springer-Verlag. 2000.
- DEGEN, B.; BLANC, L.; CARONC, H.; MAGGIAB, L.; KREMERC, A.; GOURLET-FLEURYD, S. Impact of selective logging on genetic composition and demographic structure of four tropical tree species. **Biological Conservation**, v. 131, p.386-401, 2006.
- DIAS, A.T.C.; Zaluar, H.L.T.; Ganade, G. & Scarano, F.R. 2005. Canopy composition influencing plant patch dynamics in a Brazilian sandy coastal plain. **Journal of Tropical Ecology**, 21:343–347.
- DIAZ, I. A.; OYAMA, K. Conservation genetics of an endemic and endangered epiphytic *Laelia speciosa* (Orchidaceae). **American Journal of Botany**, v. 94, n. 2, p. 184–193, 2007.
- DUARTE, A.S.; SILVA, C.V.; PUCHALSKI, A.; MANTOVANI, M.; SILVA, J. Z.; REIS, M. S. Estrutura demográfica e produção de frutos de *Bromelia antiacantha* Bertol. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.9, p. 106-112, 2007.
- DUDASH, M.R.; FENSTER, C.B. The role of breeding system and inbreeding depression in the maintenance of an outcrossing mating strategy in *Silene virginica* (Caryophyllaceae). **American Journal of Botany**, v. 88, p. 1953-1959, 2001.
- DUTTON, E.M.; FREDERICKSON, M.E. Why ant pollination is rare: new evidence and implications of the antibiotic hypothesis. **Arthropod-Plant Inte**, v. 6, p.561-569, 2012.
- EGUIARTE, L. E.; BURQUEZ, A.; RODRÍGUEZ, J., MARTÍNEZ-RAMOS, M., SARUKHÁN, J.; PIÑERO, D. Direct and indirect

estimates of neighborhood and effective population size in a tropical palm, *Astrocaryum mexicanum*. **Evolution**, v. 47, n. 1, p. 75-87, 1993.

ENTANI, T.; TAKAYAMA, S.; IWANO, M.; SHIBA, H.; CHE, F.S.; ISOGAI, A. Relationship between polyploidy and pollen self-incompatibility phenotype in *Petunia hybrida* Vilm. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v. 63, p. 1882-1888, 1999.

EPPERSON, B.K. Spatial structure of genetic variation within populations of forest trees. **New Forests**, v.6, p. 257- 278, 1992.

ERENO, D. Da natureza para a Farmácia. **Pesquisa Fapesp**, p. 78-81, 2005. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2005/04/01/danatureza-para-a-farmacia>. Acesso: 14 de junho de 2015.

FACANALI, R.; CAMPOS, M. M. S; POCIUS, O.; MING, L. C.; SOARESSCOTT, M. D.; MARQUES, M. O. M. Biologia reprodutiva de populações de *Ocimum selloi* Benth. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.11, n.2, p.141-146, 2009.

FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. The principles of pollination ecology. Pergamon Press, Oxford, 256 p, 1979.

FAIVRE, A.E. Variation in pollen tube inhibition sites within and among three heterostylous species of Rubiaceae. **Int. J. Plant Sci.**, v. 163, p. 783-794, 2002.

FALKENBERG, D. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. **Ínsula**, v. 28, p.1-30, 1999.

FALKENBERG, M. B. *Varronia curassavica*. In: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. (Eds). **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial. Plantas para o Futuro - Região Sul**. Brasília: MMA, 934p, 2011.

FANTINI, A.C.; REIS, A.; REIS, M.S.; GUERRA, M.P. Sustained yield management in tropical forest: a proposal based on the autoecology of species. **Sellowia**, v. 42/44, p. 25-33, 1992.

FATMA, Fundação do Meio Ambiente. **A natureza do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro**. Florianópolis, 128 p., 2003.

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

FERNANDES, E.S.; PASSOS, G.F.; MEDEIROS, R.; CUNHA, F.M.; FERREIRA, J.; CAMPOS, M.M.; PIANOWSKI, L.F.; CALIXTO, J.B. Anti-inflammatory effects of compounds alpha-humulene and (-)-trans-caryophyllene isolated from the essential oil of *Cordia verbenacea*. **European Journal of Pharmacology**, v. 569, n.3, p. 228-236, 2007.

FERNANDES, G.W. Plant mechanical defenses against insect herbivory. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 38, p. 421-433, 1994.

FERREIRA, L.C.; THOMAZI, R.D.; OLIVEIRA, D.A.C.; SILVA, A.G. 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**, v. 8, p. 39-45, 2010.

FIGUEIRA, G.M.; RISTERUCCI, A.M.; ZUCCHI, M.I.; CAVALLARI, M.M.; NOYER, J.L. Development and characterization of microsatellite markers for *Cordia verbenacea* (Boraginaceae), an important medicinal species from the Brazilian coast. **Conservation Genetics**, v. 11, n. 3, p. 1127-1129, 2010.

FIGUEIRA, G. M.; PEREIRA, B.; MAGALHÃES, P. M. Aspectos da produção de mudas de erva baleeira *Cordia curassavica* (Jacq.) Roem & Schult. In: Jornada Paulista de Plantas Mediciniais, 5, 2001, Botucatu. Anais... Botucatu: UNESP, FMB, CD-ROM. 2001.

FILIPPON, S.; FERNANDES, C. D.; REIS, M. S. Produção de frutos para uso medicinal em *Bromelia antiancata* (caraguatá): fundamentos para um extrativismo sustentável. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, p. 506-513, 2012.

FILIPPON, S.; FERNANDES, C. D.; FERREIRA, D.K.; DUARTE, A. S.; REIS, M.S. Produção de frutos para uso medicinal em *Bromelia antiancata* (caraguatá): fundamentos para um extrativismo sustentável.

Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v. 14, n. 3, p. 506-513, 2012.

FILIPPON, S.; SILVA, C. V.; DUARTE, A. S.; BIAVATTI, M.; SANTOS, D. S.; REIS, M. S. *Bromelia antiacantha*. In CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. (Orgs). **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial: Plantas do Futuro - Região Sul**. Brasília: MMA, v. 1, p. 568-577, 2011.

FILIPPON, S; FERNANDES, C.D; FERREIRA, D.K. SILVA, D.L.S ; ALTRAK, G. DUARTE, A.S.; REIS, M.S. *Bromelia antiacantha* Bertol. (Bromeliaceae): Caracterização Demográfica e Potencial de Manejo em uma População no Planalto Norte Catarinense. **Biodiversidade Brasileira**, v. 2, p. 83-91, 2012.

FORZZA, R.C.; BAUMGRATZ, J.F.A.; BICUDO, C.E.M.; CARVALHO Jr., A.A.; COSTA, A.; COSTA, D.P.; HOPKINS, M.; LEITMAN, P.M.; LOHMANN, L.G.; MAIA, L.C.; MARTINELLI, G.; MENEZES, M.; MORIM, M.P.; NADRUZ COELHO, M.A.; PEIXOTO, A.L.; PIRANI, J.R.; PRADO, J.; QUEIROZ, L.P.; SOUZA, V.C.; STEHMANN, J.R.; SYLVESTRE, L.S.; WALTER, B.M.T.; ZAPPI, D. **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1699 p., 2010.

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

FRANCISCO, M.R.; GALETTI, M. Aves como potenciais dispersoras de sementes de *Ocotea pulchella* Mart. (Lauraceae) numa área de vegetação de cerrado do sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, p.11-17, 2002.

FRANKE, C. R.; ROCHA, P. L. B.; KLEIN, W.; GOMES, S. L. Mata Atlântica e biodiversidade. Salvador: Edufba, 461p. 2005.

FRANKEL, O.H.; BROWN, A.H.D.; BURDON, J.J. **The conservation of plant biodiversity**. Cambridge: Cambridge University Press, 320p. 1995.

FRANKEL, O.H.; SOULÉ, M.S. Conservation and Evolution. London: Cambridge University Press. 327 p. 1981.

FRANKHAM, R. Conservation genetic. **Annual Review of Genetics**, v. 29, p. 305-327, 1995.

FRANKHAM, R. Relationship of genetic variation to population size in wildlife. **Conservation Biology**, v. 10, p. 1500-1508, 1996.

FRANKHAM, R. Genetics and conservation biology. **Comptes Rendus Biologies**, v. 326, p. 22-29, 2003.

FRANKHAM, R. Resolving the genetic paradox in invasive species. **Heredity**, v. 94, p. 385, 2004.

FRANKHAM, R. Genetics and extinction. **Biological Conservation**, v. 126, p.131-140, 2005.

FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G.; OPLER, P.A. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, v. 62, p.881-913, 1974.

FRANKLIN, I.R.; FRANKHAM, R. How large must populations be to retain evolutionary potential? **Animal Conservation**, v. 1, p. 69-70, 1998.

FRANKS, S.J. 2003. Facilitation in multiple life-history stages: evidence for nucleated succession in coastal dunes. **Plant Ecology**, 168: 1-11.

FUTUYMA, D. J. **Biologia evolutiva**. 2a ed. Ribeirão Preto: FUNPEC – RP. 2002.

GALITZKI, E.L.; CERETO, C.E.; SCHERER, K.Z.; LOPES, B.C.; CASTELLANI, T.T. Formigas visitantes de inflorescências de *Actinocephalus polyanthus* (Bong.) Sano (Eriocaulaceae). **Biotemas**, v. 26, p. 75-83, 2013.

GALLOWAY, L. F.; ETTERTSON, J. R. Inbreeding depression in an autotetraploid herb: a three generation field study. **New Phytol.** v. 173, p. 383–392, 2007.

GALLOWAY, L.F.; ETTERTSON, J.R.; HAMRICK, J.L. Outcrossing rate and inbreeding depression in the herbaceous autotetraploid, *Campanula americana*. **Heredity**, v. 90, p. 308–315, 2003.

GANDERS, F.R. The biology of heterostyly. **New Zealand Journal of Botany**, v. 17, p. 607-635, 1979.

GANDOLFO, E. S.; HANAZAKI, N. Etnobotânica e urbanização: conhecimento e utilização de plantas de restinga pela comunidade nativa do distrito do Campeche (Florianópolis, SC). **Acta Botânica Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 168-177, 2011.

GAPLAN. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 173 p., 1986.

GASCA-PINEDA, J.; CASSAIGNE, I.; ALONSO, R.A.; EGUIARTE, L.E. Effective population size, genetic variation, and their relevance for conservation: the bighorn sheep in Tiburon island and comparisons with managed artiodactyls. **Plos One**, v. 8, n. 10, p. e78120, 2013).

GASTAUER, M.; MESSIAS, M. C. T. B.; NETO, J. A. A. M. Floristic composition, species richness and diversity of campo rupestre vegetation from the Itacolomi State Park, Minas Gerais, Brazil. **Environment and Natural Resources Research**, v.2, p.115-130, 2012.

GIMENES, M. R.; ANJOS, L. Efeitos da fragmentação florestal sobre as comunidades de aves. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 25, n. 2, p. 391-402, 2003.

GOMES, P. A. **Óleo essencial da erva-baleeira (*Cordia verbenacea* L.) de áreas nativas**. Dissertação (Mestrado). Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro/RJ. 2010.

GÓMEZ, J.M.; ZAMORA, R. Pollination by ants: consequences of the quantitative effects on a mutualistic system. **Oecologia**, v. 91, p. 410-418, 1992.

GÓMEZ, N. E.; WITTE, L.; HARTMANN, T. Chemical defense in larval tortoise beetles: essential oil composition of fecal shields of *Eurypedus nigrosignata* and foliage of its host plant, *Cordia curassavica*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 25, n.5, p.1007-1027, 1999.

GONÇALVES, A.C.; REIS, C.A.F.; VIEIRA, F. A.; CARVALHO, D. Estrutura genética espacial em populações naturais de *Dimorphandra mollis* (Fabaceae) na região norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, p. 325-332, 2010.

GONZAGA, L.P.; CASTIGLIONI, G.D.A.; REIS, H.B.R. Avifauna das restingas do Sudeste: estado do conhecimento e potencial para futuros estudos. p. 151-163. In: ESTEVES, F.A. et al. (Eds.). **Ecologia de restingas e lagoas costeiras**. Macaé, RJ: NUPEM/UFRJ. 2000.

GOODWILLIE, C.; KALISZ, S.; ECKERT, C.G. The evolutionary enigma of mixed mating systems in plants: occurrence, theoretical explanations, and empirical evidence. **Annu Rev Ecol Evol Syst**, v. 36, p.47-79, 2005.

GRÉ, J.C.R. 2013. **Estudo geotécnico para a avaliação da aptidão física de terrenos de planície costeira à urbanização: trecho Itapiruba - Laguna, SC**. Tese (doutorado). Programa de pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina. 248p.

GRESSLER, E.; PIZO, M.A.; MORELLATO, L.P.C. Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 4, p. 509-530, 2006.

GUERRA, A. J.T; CUNHA, A.B. **Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2001.

GUERRA, M. P.; NODARI, R.O. Biodiversidade: aspectos biológicos, geográficos, legais e éticos. In: SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R.

(Org.). **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 3. ed. Porto Alegre- Florianópolis: Ed Universidade, p.13-26. 2001.

GUERRA, M.; SOUZA, M.J. **Como observar cromossomos: um guia de técnicas em citogenética vegetal, animal, e humana**. Ribeirão Preto: Fundação de Pesquisas Científicas de Ribeirão Preto, 2002.

GUIMARÃES, T.B. **Florística e Fenologia Reprodutiva de Plantas Vasculares na Restinga do Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis/SC**. Dissertação (Mestrado) Biologia Vegetal. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC. 107 p. 2006.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P. D. **Past: paleontological statistics software package for education and data analysis**. Palaeontologia Electronica, 4, 9. Available at: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm (last accessed: Maio 2015). 2001.

HAMRICK, J.L. The distribution of genetic variation within and among natural plant population. In: SCHONE-WALD-COX, C.M.; CHAMBERS, S.H.; MACBYDE, B.; THOMAS, L. Eds. **Genetics and conservation**. Benjamin Cummings Publishing Company, Menlo Park, p.335-348, 1983.

HAMRICK, J. L.; GODT, M. J. Allozyme diversity in plant species. In: BROWN, A. H. D.; CLEGG, M. T. L.; KAHLER, A.; WEIR, B. S. (eds). **Plant population genetics, breeding, and genetic resources**, Sinauer, Sunderland, MA. p. 43-63, 1990.

HAMRICK, J.L.; GODT, M.J. Conservation genetics of endemic plant species. In: AVISE, J.L., HAMRICK, J.L. (eds). **Conservation genetics: case histories from nature**. New York: Chapman & Hall. p 281-304, 1996.

HARDY, O.J.; VEKEMANS, X. Patterns of allozyme variation in diploid and tetraploid *Centaurea jacea* at different spatial scales. **Evolution**, v. 55, p. 943-954, 2001.

HARDY, O.; VEKEMANS, X. SPAGeDI 1.1: **A program for spatial pattern analysis of genetic diversity**. Version for Windows 95. <http://www.ulb.ac.be/sciences/ecoevol/software.html>. 2003.

HARPER, J.L. **Population biology of plants**. Academic Press, London. 1977.

HARTL, D. L.; CLARK, A. G. **Principles of Population Genetics**. 4. ed. Sinauer Associates, Sunderland. 2007.

HERNÁNDEZ, T.; CANALES, M.; AVILA, J. G.; DURAN, A.; CABALLERO, J.; ROMO-DE-VIVAR, A.; LIRA, R. Ethnobotany and antibacterial activity of some plants used in tradicional medicine of Zapotitlán de las Salinas, Puebla (México). **Journal of Ethnopharmacology**, v. 88, p. 181-188, 2003.

HERRMANN, M. L. P.; RASA FILHO, O.; REGO NETO, C. B.; MENDONÇA, M.; SILVA, J. T. N.; SILVA, A. D.; VEADO, R. W. Aspectos ambientais dos entornos da porção sul da lagoa da Conceição. **Geosul**, v. 4, p.7-39, 1987

HEUBL, G.R.; GAVIRIA, J.C.; WANNER, G. A contribution to the taxonomy and evolution of *Cordia* (Boraginaceae) and allied genera. **Botanische Jahrbücher fur Systematik**, v. 112, n.2, p. 129-165, 1990.

HIRAO, A.S.; KAMEYAMA, Y.; OHARA, M.; ISAGI, Y.; KUDO, G. Seasonal changes in pollinator activity influence pollen dispersal and seed production of the alpine shrub *Rhododendron aureum* (Ericaceae). **Mol Ecol**. v. 15, p. 1165-1173, 2006.

HOELTGEBAUM, M.P.; BERNARDI, A.; MONTAGNA, T.; REIS, M.S. Diversidade e estrutura genética de população de *Varronia curassavica* Jacq. em restingas da Ilha de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, n.4, p.1083-1090, 2015.

HOELTGEBAUM, M.P.; MONTAGNA, T.; LANDO, A.P.; PUTTKAMMER, C.; ORTH, A.I.; GUERRA, M.P.; REIS, M.S. Reproductive Biology of *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. No prelo. 2017.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E.O. **The ants**. 1. ed. Cambridge: Harvard University Press, 733p. 1990.

HUANG, K.; GUO, S.T.; SHATTUCK, M.R.; CHEN, S. T.; QI, X. G., ZHANG, P.; LI, B. G. A maximum-likelihood estimation of pairwise relatedness for autopolyploids. **Heredity**, v. 114, p. 133-142, 2015.

HUSBAND, B.C.; SCHEMSKE, D.W. The effect of inbreeding in diploid and tetraploid populations of *Epilobium angustifolium* (Onagraceae): implications for the genetic basis of inbreeding depression. **Evolution**, v. 51, p. 737-746, 1997.

INOUYE, D. W. Terminology of floral larceny. **Ecology**, v. 61, p. 1251-1253, 1980.

JACKSON, J.F. Seasonality of flowering and leaf fall in Brazilian subtropical lower montane moist forest. **Biotropica**, v. 10, p. 38-42, 1978.

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

JANZEN, D. H. Seed predation by animals. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.2, p. 465-492, 1971.

JANZEN, D.H. Herbivores and the number of tree species in tropical forest. **American Naturalist**, v. 104, p. 501-508, 1970.

JIMOH, O.P.I.; ADEBISI, L.A. Population pattern and phenological behaviours for selected medicinal plants in Nigeria; implications for ex-situ conservation. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 3, n.7, p. 52-60, 2013.

JUDD, W.S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOGG, E.A.; STEVENS, P.F.; DONOGHUE, M.J. **Sistemática Vegetal: Um Enfoque Filogenético**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 612p. 2009.

JUSSIEU, A. L. **Genera lantarum ordines naturales disosita, justa methodum in horto régio parisiensis exaratum**. Paris: Herissant Typographum , p. 498. 1789.

JUSTINIANO, M. J.; FREDERICKSEN, T. S. Phenology of tree species in Bolivian dry forests. **Biotropica**, v. 32, n.2, p.276-281, 2000.

KAHILAINEN, A.; PUURTINENA, M.; KOTIAHOA, J.S. Conservation implications of species–genetic diversity correlations. **Global Ecology and Conservation**, v.2, p. 315-323, 2014.

KARRON, J. D.; JACKSON, R.T.; THUMSER, N.N.; SCHLICHT, S.L. Outcrossing rates of individual *Mimulus ringens* genets are correlated with anther–stigma separation. **Heredity**, v. 79, p. 365–370, 1997.

KEARNS, C.A.; INOUE, D.W. **Techniques for pollination biologists**. University Press of Colorado, Niwot. 1993.

KINUPP, V. F. **Riqueza de plantas alimentícias não-convencionais na região metropolitana de Porto Alegre**. Tese (Doutorado). Faculdade Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 562 p. 2007.

KLEIN, R. M. Fisionomia, importância e recursos da vegetação do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. **Sellowia**, v. 33, p. 5-54, 1981.

KLIMAN, R., SHEEHY, B.; Schultz, J. Genetic Drift and Effective Population Size. **Nature Education**, v.1, n. 3, p.3, 2008.

KÖEPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la Tierra**. México: Fondo de Cultura Economica, 478p. 1948.

KOPTUR, S.; HABER, W.A.; FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G. Phenological studies of shrub and treelet species in tropical cloud forests of Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, v. 4, p.347-359, 1988.

KORBECKA, G.; VRIELING, K.; SQUIRRELL, J.M.; HALE, L.; WOLFF, K. Characterization of six microsatellite loci in *Echium vulgare* (Boraginaceae). **Molecular Ecology Notes**, v.3, p. 274–276, 2003.

KOVACH. **Oriana for Windows**. Wales, Kovach Computing Services. 2004.

KOZLOWSKI, T. T. **Growth and development of trees**. v. 1. New York: Academic Press. 1971.

KREBS, C. J. **Ecological Methodology**. 2. ed. Menlo Park: Benjamim/Cummings. 1999.

KYNCL, T.; SUDA, J.; WILD, J.; WILDOVA, R.; HERBEN, T. Population dynamics and clonal growth of *Spartocytisus supranubius* (Fabaceae), a dominant shrub in the alpine zone of Tenerife, Canary Islands. **Plant Ecology**, v. 186, p.97-108, 2006.

LAGOS, A.R.; MULLER, B.L.A. Hotspot brasileiro. Mata Atlântica. **Saúde e Ambiente em Revista**, v. 2, n. 2, p. 35-45, 2007.

LAIKRE, L.; NILSSON, T.; PRIMMER, C.R.; RYMAN, N.; ALLENDORF, F.W. Importance of genetics in the interpretation of favourable conservation status. **Conservation Biology**, v. 23, p. 1378-1381, 2009.

LANS, C.; HARPER, T.; GEORG E.; K.; BRIDGEWATER, E. Medicinal plants used for dogs in Trinidad and Tobago. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 45, p. 201-220, 2000.

LAPA, F. S. ***Cordia curassavica* (JACQ.) ROEM. & SCHULT.: Influência de fatores ambientais no crescimento e na produção de metabólitos**. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC. 2006.

LEI ESTADUAL SANTA CATARINA nº 16.342/de 21/01/2014. Altera a Lei nº 14.675, de 2009, que institui o Código Estadual do meio Ambiente e estabelece outras providências. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=264890>

LEI FEDERAL nº 11.428 de 22/12/2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/11428.htm

LEVIN, D. A. Dispersal versus gen flow in plants. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 68, p. 233-253, 1981.

LEVIN, D.A. Polyploidy and novelty in flowering plants. **The American Naturalist**, v. 122, p. 1-25, 1983.

LI, C.C. **Population genetics**. Chicago: University of Chicago Press. 1955.

LI, P.; JOHNSTON, M.O. Comparative floral morphometrics of distyly and homostyly in three evolutionary lineages of *Amsinckia* (Boraginaceae). **Can J Bot**, v. 79, p. 1332-1348, 2001.

LIEBERMAN, D.; M. LIEBERMAN. The causes and consequences of synchronous flushing in a dry tropical forest. **Biotropica**, v. 16, p. 193-201, 1984.

LIETH, H. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. In: LIETH, H. Phenology and seasonality modeling. (ed.). **Ecological Studies**. Berlin: Springer-Verlag, p.3-19. 1974.

LINS, A.P.; ALVARENGA, M.A.; GOTTLIEB O.R.; OLIVEIRA, F. Two flavonoids from *Cordia verbenacea*. **Revista Latino-Americana de Química**, p. 21:82, 1990.

LOISELLE, B.A.; SORK, V.L.; NASON, J.; GRAHAM, C. Spatial genetic structure of a tropical understory shrub *Psychotria officinalis* (Rubiaceae). **American Journal of Botany**, v. 82, p. 1420-1425, 1995.

LOPES, T.N.; VERÇOZA, F.C.; MISSAGIA, C.C.C. Fenologia reprodutiva e visitantes florais de *Cordia superba* Cham. (Boraginaceae) na vegetação da restinga de Grumari, Rio de Janeiro. **Rev Biol Neotrop**, 12, p. 39-43, 2015.

LORENZI, H. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. vol. 1. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 544 p., 2008.

LOVELESS, M.D.; HAMRICK, J.L. Ecological determinants of genetic structure in plant populations. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.15, p. 65-95, 1984.

LYNCH, M.; LANDE, R. The critically effective size for a genetically secure population. **Animal Conservation**, v. 1, p. 70-72, 1998.

MABLE, B.K. Polyploidy and self-compatibility: is there an association? **New Phytologist**, v. 162, p. 803–811, 2004.

MACHADO, I.C.; LOIOLA, M.I. Fly pollination and pollinator sharing in two synchronopatric species: *Cordia multispicata* (Boraginaceae) and *Borreria alata* (Rubiaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, p. 305-311, 2000.

MACHADO, I.C.; LOPES, A.V.; SAZIMA M. Contrasting bee pollination in two co-occurring distylic species of *Cordia* (Cordiaceae, Boraginales) in the Brazilian semi-arid Caatinga: generalist in *C. globosa* vs. specialist in *C. leucocephala*. **An Acad Bras Cienc**, v. 82, n. 4, p. 881-891, 2010.

MADLUNG, A. Polyploidy and its effect on evolutionary success: old questions revisited with new tools. **Heredity**, v. 110, p. 99-104, 2013.

MAGALHÃES, P. M.; FIGUEIRA, G. M.; MONTANARI JÚNIOR, I. Influence of NPK fertilization on *Cordia verbenaceae* DC. biomass yield. In: **International Symposium Breeding research on Medicinal and Aromatic Plants**, III, Campinas. Proceedings. Campinas: UNICAMP, p. A3-31, 2004.

MAHY, G.; BRUEDERLE, L.P.; CONNORS, B.; VAN HOFWEGEN, M.; VORSA, N. Allozyme evidence for genetic autotetraploidy and high genetic diversity in tetraploid cranberry, *Vaccinium oxycoccos* (Ericaceae). **American Journal of Botany**, v. 87, p. 1882-1889, 2000.

MARIOT, A.; MANTOVANI, A.; REIS, M.S. Bark Harvesting Systems of *Drimys brasiliensis* Miers in the Brazilian Atlantic Rainforest. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 3, p. 1315-1326, 2014.

MARIOT, A.; DI STASI, L.C.; REIS, M.S. Genetic diversity in natural populations of *Piper cernuum*. **Journal of Heredity**, v. 93, p. 365-369, 2002.

MARIOT, A.; MANTOVANI, A.; BITTENCOURT, R.; REIS, M. S. Aspectos da biologia Reprodutiva de *Drimys brasiliensis* Miers (Winteraceae) em Floresta Ombrófila Mista, Sul do Brasil. **Ciência Florestal**, v. 24, p. 875-886, 2014b.

MARIOT, A.; MANTOVANI, A.; REIS, M.S. Bark Harvesting Systems of *Drimys brasiliensis* Miers in the Brazilian Atlantic Rainforest. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 3, p.1315-1326, 2014a.

MARIOT, A.; ODORIZZI, J.; NASCIMENTO, J.V.; REIS, M.S. Uso e Conservação de *Piper cernuum* Vell. (Piperaceae) na Mata Atlântica: II. Estrutura demográfica e potencial de manejo em floresta primária e secundária. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 9, p. 13-20, 2007.

MARIOT, A.; REIS, M. S. Biodiversidade e sua importância como fonte de plantas medicinais. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 5, p. 53-61, 2006.

MARIOT, A.; REIS, M. S.; STASI, L. C. D. Fundamentos para o manejo de Piperáceas na Floresta Tropical Atlântica: demografia e fenologia reprodutiva. In: DIEGUES, A.C.; VIANA, V.M. (Org.). **Comunidades Tradicionais e Manejo dos Recursos Naturais da Mata Atlântica**, p. 57-64, 2000.

MARIOT, A.; MANTOVANI, A.; REIS, M.S. Bark Harvesting Systems of *Drimys brasiliensis* Miers in the Brazilian Atlantic Rainforest. **An. Acad. Bras. Ciênc.**, v.86, n. 3, p.1315-1326, 2014,

MARQUES, M.C.M.; OLIVEIRA, P.E.A.M. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, p.713-123, 2004.

MARTINEZ, M.L. Facilitation of seedling establishment by an endemic shrub in tropical coastal sand dunes. **Plant Ecology**, v. 168, p. 333-345, 2003.

- MARTINS, M.S.; DA RÓZ, A. L.; MACHADO, G. O. 2009. **Mata Atlântica**. Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br/licenciatura/trabalhos/mataatl.htm>>. Acesso em: 29 agosto 2013.
- MARTINS, P.S. Estrutura populacional, fluxo gênico e conservação “in situ”. **Instituto de pesquisas e estudos florestais**, v.35, p.71-78, 1987.
- MARULANDA, M.L.; LÓPEZ, A.M.; URIBE, M.; OSPINA, C.M. Caracterización de la variabilidad genética de progenies de *Cordia alliodora* (R. P.) Oken. **Colombia Forestal**, v. 14, n. 2, p. 119 -135, 2011.
- MATTOS, A. G. 2015. **Conservação pelo uso de populações de *Ilex paraguariensis* A. ST. HIL, em sistemas extrativistas no planalto norte catarinense**. Tese (doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais.
- MAUN, M.A. Adaptations of plants to burial in coastal sand dunes. **Canadian Journal of Botany**, v. 76, n. 5, p. 713-738, 1998.
- MAZZA, M.C.M.; SANTOS, J.E.; MAZZA, C.A.S. Fenologia reprodutiva de *Maytenus ilicifolia* (Celastraceae) na Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.34, n.4, p.565-574, 2011.
- MCINTYRE, P.J. Polyploidy associated with altered and broader ecological niches in the *Claytonia perfoliata* (Portulacaceae) species complex. **American Journal of Botany**, v. 99, p. 655-662, 2012.
- MEDEIROS, D.P.W.; LOPES, A.V.; ZICKEL, C.S. Phenology of woody species in tropical coastal vegetation, northeastern Brazil. **Flora**, v. 202, p. 513-520, 2007.
- MEDEIROS, J.D.; MORRETES, B.L. Dimensões da folha e herbivoria em *Miconia cabucu* Hoehne. **Biotemas**, v. 8, p. 97-112, 1995.
- MEEUS, S.; HONNAY, O.; JACQUEMYN, H. Strong differences in genetic structure across disjunct, edge, and core populations of the

distylous forest herb *Pulmonaria officinalis* (Boraginaceae). **American Journal of Botany**, v. 99, n. 11, p. 1809-1818, 2012.

MELO, J. I. M.; SILVA, L. C.; STAPF, M. N. S.; RANGA, N. T. 2014. Boraginaceae. In: FORZZA, R. C. et al. (Ed.). **Lista de espécies da Flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://loradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB016555>>. Acesso em: 12 junho 2015.

MELO, J.I.M.; LYRA-LEMOS, R.P. Sinopse taxonômica de Boraginaceae sensu lato A. Juss. no Estado de Alagoas, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 22, p. 701-710, 2008.

MELO, J.I.M.; STAPF, M.N.S. Clave para los géneros de Boraginaceae sensu lato nativos del Brasil. **Biotemas**, v. 27, n. 4, p. 43-50, 2014.

MELO, S.; LACERDA, V.D.; HANAZAKI, N. 2008. Espécies de restinga conhecidas pela comunidade do Pântano do sul, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. **Rodriguésia**, v. 59, n. 4, p. 799-812.

MENDES, A.D.R.; NASCIMENTO, C.R.; QUEIROZ, T.B.; PINTO, V.B.; MARTINS, E.R. Ecogeografia de populações de erva-baleeira (*Varronia curassavica*) no Norte e Vale do Jequitinhonha em Minas Gerais. **Ciência Rural**, v. 45, n. 3, p. 418-424, 2015.

MÉNDEZ, M.; DURHN, R.; OLMSTED, I. Population dynamics of *Pterocereus gaumeri*, a rare and endemic columnar cactus of Mexico. **Biotropica**, v. 36, p. 492-504, 2004.

MILANESI, L.; PERONI, N.; REIS, M.S. Use of the palm *Euterpe edulis* Martius in landscape units managed by migrants of German origin in Southern Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 9, p. 47, 2013.

MILLER, J.S.; GOTTSCHLING, M. Generic classification in the Cordiaceae (Boraginales): resurrection of the genus *Varronia*. **P. Br. Taxon**, v. 56, n. 1, p. 163-169, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Quarto relatório nacional para a convenção sobre diversidade biológica**. Brasil /Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 248 p., 2011.

MITTERMEIER, R.A.; GIL, R.P.; HOFFMAN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C.G.; LAMOREUX, J.; FONSECA, G.A.B. **Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**. 2. ed. Chicago: University of Chicago Press. 2005.

MOERMOND, T.C.; DENSLOW, J.S. Neotropical avian frugivores: patterns of behavior, morphology, and nutrition, with consequences for fruit selection. **Ornithol Monogr**, v. 36, p. 865-897, 1985.

MONTAÑA, C. The colonization of bare areas in two-phase mosaics of an arid ecosystem. **Journal Ecology**, v. 80, p. 315-327, 1992.

MONTANARI JUNIOR, I. **Variabilidade genética em uma população de *Cordia verbenacea* DC**. 88p. Tese (Doutorado - Concentração em Agronomia - Horticultura). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. 2011.

MONTANARI JUNIOR, I.; MAGALHAES, P. M. Production of *Cordia verbenaceae* DC according to their plantation density. In: III ISMAP, 2004, Campinas. III International Symposium Breeding research on medicinal and aromatic plants. Campinas: UNICAMP, v. 1, p.3-38, 2004.

MOODY, M. E.; MUELLER, L. D.; SOLTIS, D. E. Genetic variation and random drift in autotetraploid populations. **Genetics**, v. 134, p. 649–657, 1993.

MOORE, R.C.; PURUGGANAN, M.D. The evolutionary dynamics of plant duplicate genes. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 8, p. 122–128, 2005.

MORAES, P.L.R.; MONTEIRO, R.; VENCOVSKY, R. Conservação genética de populações de *Cryptocarya moschata* Nees (Lauraceae) na Mata Atlântica do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 2, p. 237-248, 1999.

MORELLATO, L. P. C. **Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil**. 176p. Tese (Doutorado). Instituto de Biociências. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1991.

MORELLATO, L. P. C.; CAMARGO, M.G.G.; D'EÇA NEVES, F.F.; LUIZE, B.G.; MANTOVANI, A.; HUDSON, I.L. The influence of sampling method, sample size, and frequency of observations on plant phenological patterns and interpretation in tropical forest trees. In: Hudson, I.L.; Keatley, M. (eds.). **Phenological research: methods for environmental and climate change analysis**. Dordrecht, Springer. p. 99-121, 2010.

MORELLATO, L.P.C. 1995. As estações do ano na floresta. In: LEITÃO Filho, H.F.; MORELLATO, P.C. (orgs.). **Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana: reserva de Santa Genebra**. Campinas, SP: Ed. UNICAMP.

MORELLATO, L.P.C. Phenological data, networks, and research: South America. In: Schwartz, M.D. Org. **Phenology: an integrative environmental science**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p.75-92, 2003.

MORELLATO, L.P.C., RODRIGUES, R.R., LEITÃO FILHO, H.F.; JOLY, C.A. Estudo fenológico comparativo de espécies arbóreas de floresta de altitude floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 12, p. 85-98, 1989.

MORELLATO, L.P.C.; ALBERTI, L. F.; HUDSON, I. L. Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. p. 357-371. In: KEATLEY, M.; HUDSON, I. L. (Ed.). **Phenological research: methods for environmental and climate change analysis**. New York: Springer, 2010.

MORELLATO, L.P.C.; LEITÃO-FILHO, H.F. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi, Jundiá, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 50, p.163-173, 1990.

MORELLATO, L.P.C.; LEITÃO-FILHO, H.F. 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. Campinas: UNICAMP/FAPESP, p.112-140, 1992.

MORELLATO, L.P.C.; TALORA, D.C.; TAKAHASI, A.; BENCKE, C.C.; ROMERA, E.C.; ZIPPARRO, V.B. Phenology of Atlantic Rain Forest trees: a comparative study. **Biotropica**, v. 32, p. 811-823, 2000.

MORGANTE, M.; OLIVIERI, A. M. PCR-amplified microsatellites as markers in plant genetics. **The Plant Journal**, v. 3, p.1, p.175-182, 1993.

MOURA, D.C.; MELO, J.I.M.; SCHLINDWEIN, C. Visitantes Florais de Boraginaceae A. Juss. no Baixo Curso do Rio São Francisco: Alagoas e Sergipe. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 285-287, 2007.

MOURA, M.C.O. **Distribuição da variabilidade genética em populações naturais de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish por isoenzimas e RAPD.** Tese (doutorado) Engenharia Florestal. Universidade Federal de Lavras, MG. 178 p., 2005.

MURAWSKY, D.A. 1995. Reproductive biology and genetics of tropical trees from canopy perspective. In: LOWMAN, M.D.; NADKARNI, N.M. Ed. **Forest canopies**. New York: Academic Press.

MURAWSKY, D.A.; HAMRICK, J.L. Mating System and phenology of *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) in Central Panamá. **Journal of Heredity**, v. 83, p. 401-404, 1992.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

NASON, J.D.; HAMRICK, J.L. Reproductive and genetic consequences of forest fragmentation: two case studies of Neotropical canopy trees. **Journal of Heredity**, v. 88, p 264-276, 1997.

NAZARENO. A. G.; REIS, M.S. Linking Phenology to Mating System: Exploring the Reproductive Biology of the Threatened Palm Species *Butia eriospatha*. **Journal of Heredity**, v. 103, p.842–852, 2012.

NEEL, M.C.; ELLSTRAND, N.C. Conservation of genetic diversity in the endangered plant *Eriogonum ovalifolium* var *vineum* (Polygonaceae). **Conservation Genetics**, v. 4, p. 337-352, 2003.

NEI, M. Genetic Distance between Populations. **The American Naturalist**, v. 106, n. 949, p. 283-292, 1972.

NEI, M. Analysis of gene diversity in subdivided populations. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 70, n.12, p. 3321-3, 1973.

NEWSTROM, L.E.; FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, v. 26, n. 2, p. 141-159, 1994.

NODARI, R.O.; GUERRA, M.P. Aspectos genéticos e moleculares da produção vegetal. In: SIMÕES, C.M.O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 3.ed. Florianópolis: Editora da UFSC, p.27-40, 2001.

ODDOU-MURATORIO, S., KLEIN, E.K., DEMESURE-MUSH, B., AUSTERLITZ, F. Real-time patterns of pollen flow in the wild-service tree, *Sorbus torminalis* (Rosaceae). III. Mating patterns and the ecological maternal neighborhood. **American Journal of Botany**, v. 93, p. 1650-1659, 2006.

O'DOWD, D.J.; HAY, M.E. Mutualism between Harvester Ants and a Desert Ephemeral: Seed Escape from Rodents. **Ecology**, v. 61: p. 531-540, 1980.

OLIVEIRA, M.L.; CUNHA, J.A. Abelhas africanizadas *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera: Apidae: Apinae) exploram recursos na floresta amazônica? **Acta Amaz**, v. 35, p. 389-394, 2005.

O'MALLEY, D.M.; BUCKLEY, D.P.; PRANCE, G.T.; BAWA, K.S. Genetic of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.: Lecythidaceae). 2. Mating system. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 76, p. 929-932, 1988.

- OOSTERMEIJER, J.G.B.; LUIJTEN, S.H.; DEN NIJS, J.C.M. Integrating demographic and genetic approaches in plant conservation. **Biological Conservation**, v. 113, p. 389-398, 2003.
- OPLER, P. J.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. Rainfall as a factor in the release, timing, and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. **Journal of Biogeography**, v. 3, p.231-236, 1976.
- OPLER, P.A.; BACKER, H.G.; FRANKIE, G.W. Reproductive Biology of Some Costa Rican *Cordia* Species (Boraginaceae). **Biotropica**, v. 7, n. 4, p 234-247, 1975.
- ORIANI, A.; SANO, P.T.; SCATENA, V.L. Pollination biology of *Syngonanthus elegans* (Eriocaulaceae-Poales). **Aust J Bot**, v. 57, p. 94-105, 2009.
- ORTIZ-PULLIDO, R.; LABORDE, J.; GUEVARA, S. Frugivoria por aves en un paisaje pragmentado: Consecuencias en la dispersión de semillas. **Biotropica**, v. 32, p. 473-478, 2000.
- OTA, T. DISPAN: Genetic distance and phylogenetic analysis. Computer program and documentation distributed by the author, website: <http://homes.bio.psu.edu/people/Faculty/Nei/> [acessado em 10 dez. 2015]. 1993.
- OTTO, S.P. The Evolutionary Consequences of Polyploidy. **Cell**, v. 131, n. 2, p. 452-462, 2007.
- PANIZZA, S. **Plantas que curam: cheiro de mato**. 25. ed. IBRASA: São Paulo, 280 p., 1997.
- PASSOS, G. F.; FERNANDES, E. S.; CUNHA, F. M.; FERREIRA, J.; PIANOWSKI, L. F.; CAMPOS M. M.; CALIXTO, J. B. Antiinflammatory and anti-allergic properties of the essential oil and active compounds from *Cordia verbenacea*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 110, p. 323–333, 2007.
- PAULILO, M.T. S.; LAPA, F. S.; FALKENBERG, M. B. Effect of light intensity and growth substratum on plant development and production of

secondary metabolites in *Cordia curassavica* (Jacq.) Roem. & Schult. **Rev. Árvore [online]**, v.34, n.3, p.417-423, 2010.

PAVLIK, B. M.; BARBOUR, M. G. Demographic Monitoring of Endemic Sand Dune Plants, Eureka Valley, California. **Biological Conservation**, v. 46, p. 217-242, 1988.

PEREIRA, J. **Estrutura demográfica e fenologia reprodutiva de *Cereus hildmannianus* K. Schum. (cactaceae), em uma restinga arbustiva do município de Jaguaruna, Santa Catarina.** Dissertação (Mestrado) em Biologia Vegetal. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC. 61 p, 2009.

PEREIRA, N.V. **Contributo açoriano para a construção do mosaico cultural catarinense: coletânea de trabalhos do autor versando a presença do português açoriano na Ilha de Santa Catarina.** Florianópolis: Papa-Livro. 2003.

PIMENTEL, T.F; SILVA, A.G. A população de *Gaylussacia brasiliensis* na vegetação arbustiva aberta na Área de Proteção Ambiental de Setiba, Guarapari, ES. **Natureza on line**, v.9, n.2, p.76-81, 2011.

PIRANI, F. R.; SANCHEZ, M.; PEDRONI, F. Fenologia de uma comunidade arbórea em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, MT, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 1096-1109, 2009.

PIRES, L. A.; CARDOSO, V.J.M.; RODRIGUES, R.R.; JOLY, C.A. Sobrevivência e crescimento inicial de *Ocotea opuchella* (Lauraceae) em uma floresta de restinga da Ilha do Cardoso, SP. **Rodriguésia**, v. 63, p. 4, p. 763-774, 2012.

PITREZ, S.R.; ANDRADE, L.A.; ASSIS, F. N. M.; FELIX L.P. Is there a relationship between polyploidy and stressful environments? A case study of inselbergs in northeastern Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 13, n. 4, p. 8353-8366, 2014.

PIZO, M.A.; OLIVEIRA, P.S. Interaction between ants and seeds of a nonmyrmecochorous neotropical tree, *Cabralea canjerana* (Meliaceae), in the Atlantic forest of Southeast Brazil. **American Journal of Botany**, v. 85, p. 669-674, 1998.

PREBBLE, J.M.; TATE, J. A.; MEUDT, H. M.; SYMONDS, V.V. Microsatellite markers for the New Zealand endemic *Myosotis pygmaea* species group (Boraginaceae) amplify across species. **Applications in Plant Sciences**, v. 3, n. 6, p. 1500027, 2015.

PROCTOR, M.; YEO, P.; LACK, A. The natural history of pollination. Harper Collins Publishers, London, 479 p. 1996.

RATHCKE, B.; LACEY, E.P. Phenological patterns of terrestrial plants. **Annu Rev. Ecol. Syst.**, v. 16, p. 179-214. 1985.

RATNAM, W; RAJORA, O.P.; FINKELDEY, R.; ARAVANOPOULOS, F.; BOUVET, J.; VAILLANCOURT, R.E.; KANASHIRO, M.; FADY, B.; TOMITA, M.; VINSON, C. Genetic effects of forest management practices: global synthesis and perspectives. **Forest Ecology and Management**, v. 333, p. 52-65, 2014.

REICH, P.B. Phenology of tropical forests: patterns, causes and consequences. **Canadian Journal of Botany**, v.73, p. 164-174, 1995.

REIS, M.S. **Distribuição e dinâmica da variabilidade genética em populações naturais de *Euterpe edulis* Martius**. Piracicaba, Tese (Doutorado), ESALQ/USP, 210p. 1996a.

REIS, M.S. Dinâmica da movimentação de alelos: subsídios para a conservação e manejo de populações naturais em plantas. **Revista Brasileira de Genética**, v. 19, n. 4, p. 37-47. 1996b.

REIS, M. S.; MANTOVANI, A.; SILVA, J.Z.; MARIOT, A.; BITTENCOURT, R.; NAZARENO, A.G.; FERREIRA, D.K.; STEINER, F.; ALTRAK, G.; FIGUEREDO, L.G.U. Distribuição da Diversidade Genética e Conservação de Espécies Arbóreas em Remanescentes Florestais de Santa Catarina. In: VIBRANS, A.C.; SEVEGNANI, L. GASPER, A.L.; LINGNER, D.V. eds. **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina**. Vol. I. Blumenau: Edifurb, 344p. 2012.

REIS, M. S.; MARIOT, A.; STEENBOCK, W. Diversidade e domesticação de plantas medicinais. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P. GOSMANN, G.; MELLO, J.C. P., MENTZ, L. A.;

PETROVICK, P. R. (Orgs.) **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 5ed. Porto Alegre:Florianópolis: Editora da UFRGS / Editora da UFSC, v. 1, p. 45-74. 2003.

REIS, M.S.; SIMINSKI, A. Espécies Mediciniais Nativas da Região Sul do Brasil. In: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. Ed. **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial Plantas para o Futuro – Região Sul**. Ministério do Meio, MMA. Biodiversidade, 40. 2011.

RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; MARTENSEN, A.C.; PONZONI, F.; HIROTA, M.M. The Brazilian Atlantic forest: how much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1141–1153, 2009.

RICO-GRAY, V.; OLIVEIRA, P.S. **The Ecology and Evolution of Ant-Plant Interactions**. The University of Chicago Press, Chicago, 331p. 2007.

RIPLEY, B. D. Modelling Spatial Patterns. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 39, p.172-212, 1977.

RISSING, S. Indirect effects of granivory by harvester ants: plant species composition and reproductive increase near ant nests. **Oecologia**, v. 68, p. 231-234, 1986.

RITLAND, K. Estimators for pairwise relatedness and individual inbreeding coefficients. **Genetical Research**, v. 67, p. 175-185, 1996.

RIVERA, G.; BORCHERT, R. Induction of flowering in tropical trees by a 30-min reduction in photoperiod: evidence from field observations and herbarium collections. **Tree Physiology**, v.21, p.201-212, 2001.

ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H.G.; ALVES, M. A. S.; SLUYS, M. V. A biodiversidade nos grandes remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro e nas restingas da Mata Atlântica. São Carlos: Rima Editora, 163 p. 2003.

ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A.; SCARANO, F. R. Pesquisa de longa duração na restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação. Rio de Janeiro: Rima. 2004.

ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; VAN SLUYS, M.; ALVES, M. A. S.; JAMEL, C. E. The remnants of restinga habitats in the Brazilian Atlantic Forest of Rio de Janeiro state, Brazil: habitat loss and risk of disappearance. **Braz. J. Biol.**, v. 67, n. 2, p. 263-273. 2007.

RODAL, M.J.R.; NASCIMENTO, L.M. Levantamento florístico da floresta serrana da Reserva Biológica de Serra Negra, microrregião de Itaparica, Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, p. 481-500, 2002.

RODRIGUES, A.G.; AMARAL, A.C.F. Aspectos sobre o desenvolvimento da fitoterapia Angelo Giovanni In: **Práticas integrativas e complementares: plantas medicinais e fitoterapia na Atenção Básica**. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. – Brasília: Ministério da Saúde, 156 p.: il. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos) (Cadernos de Atenção Básica; n. 31), 2012.

RODRIGUES, F. F. G.; OLIVEIRA, L. G. S.; RODRIGUES, F. F. G.; SARAIVA, M. E.; ALMEIDA, S. C. X.; CABRAL, M. E. S.; CAMPOS, A. R.; COSTA, J. G. M. Chemical composition, antibacterial and antifungal activities of essential oil from *Cordia verbenacea* DC leaves. **Pharmacognosy Research**, v.4, n.3, p.161-165, 2012.

RODRÍGUEZ-PÉREZ, J. Breeding system, flower visitors and seedling survival of two endangered species of *Helianthemum* (Cistaceae). **Ann Bot**, v. 95, p. 1229-1236, 2005.

ROSA, D.D.; BASSETO, M.A.; FELICIANO, F.; NEVES, M.B. BALDIN, E. L.L. Ocorrência de *Dictyla monotropidia* Stål (Hemiptera: Tingidae) em *Cordia verbenacea* Al. DC no Brasil. **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 2, p. 236-238, 2008.

SAKAI, S. Phenological diversity in tropical forests. **Population Ecology**, v. 43, n. 1, p.77-86, 2001.

SAKAI, S.; MOMOSE, K.; YUMOTO T.; NAGAMITSU, T.; NAGAMASU, H., HAMID, A.A.; NAKASHIZUKA, T.; INOUE, T. Plant reproductive phenology over four years including an episode of

general flowering in a lowland dipterocarp forest, Sarawak, Malaysia. **American Journal Botany**, v. 86, p. 1414- 1436, 1999.

SAN MARTIN-GAJARDO, I.; MORELLATO, L.P.C. Fenologia de Rubiaceae do sub-bosque em floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, p. 299-309, 2003.

SÁNCHEZ, J. E. *Cordia* subgénero *Varronia* (Boraginaceae). **Flora de Colombia**, v. 14, p. 1-176, 1995.

SANTOS, C. R.; MEDEIROS, J. D. A. A ocupação humana das áreas de preservação permanente, vegetação fixadoras de dunas de Morro das Pedras, Santa Catarina - SC, Brasil. **Revista de Estudos Ambientais**, v.5, n. 1, p.22-41, 2003.

SCHEFFER, M.C.; MING, L.C.; ARAÚJO, A.J. Conservação de recursos genéticos de plantas medicinais. In: QUEIROZ, M.A.; GOEDERT, C.O.; RAMOS, S.R.R. (Eds). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste Brasileiro**. Brasília: Editora da Embrapa - Sede / DF, 24p, 1999.

SCHEMSKE, D.W. Floral convergence and pollinator sharing in two bee pollinated tropical herbs. **Ecology**, v. 62, p. 946-954, 1981.

SCHERER, K.Z. **Ecologia de *Megacerus baeri* (Pic, 1934) e *Megacerus reticulatus* (Sharp, 1885) (Coleoptera: Bruchidae) em duas espécies de Convolvulaceae (*Ipomoea imperati* e *Ipomoea pes-caprae*) nas dunas da Praia da Joaquina, Florianópolis, SC**. Tese (Doutorado), UFRGS, Porto Alegre. 206p. 2004.

SCHIFINO-WITTMANN, M.T.; DALL'AGNOL, M. Auto-incompatibilidade em plantas. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, p. 1083-1090, 2002.

SCHMID, S.; KAMKE, R.; ZILLIKENS, A.; STEINER, J. Flower visitors of *Aechmea nudicaulis* (Bromeliaceae): species richness, visitation frequency, and interactions in different habitats of southern Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 46, p. 101-120, 2011.

SEBBENN, A.M.; DEGEN, B.; AZEVEDO, V.C.R.; SILVA, M.B., LACERDA A.E.B.; CIAMPI A.Y.; KANASHIRO, M.; CARNEIRO, F.S.; THOMPSON, I.; LOVELESS, M.D. Modelling the long-term impacts of selective logging on genetic diversity and demographic structure of four tropical tree species in the Amazon forest. **Forest Ecology and Management**, v. 254, p. 335-349, 2008.

SERTIÉ, J.A.A.; BASILE, A.C.; PANIZZA, S.; OSHIRO, T.T.; AZZOLINI, C.P.; PENNA, S.C. Pharmacological assay of *Cordia verbanacea* III: Oral and topic anti-inflammatory and gastrotoxicity of a crude leaf extract. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 31, p. 239-247, 1991.

SHUMWAY, S.W. Facilitative effects of a sand dune shrub on species growing beneath the shrub canopy. **Oecologia**, v. 124, p.138-148, 2000.

SILVA, A.L.G.; PINHEIRO, M.C.B. Biologia floral e da polinização de quatro espécies de *Eugenia* L. (Myrtaceae). **Acta Bot Bras**, v. 21, p. 235-247, 2007.

SILVA, F.R. Frugivoria e dispersão de sementes de *Ficus organensis* (Moraceae) por aves em um fragmento de Mata de Restinga, Pelotas/RS. **Rev Bras Ornitol**, v. 18, p. 9-25, 2010.

SILVA, J.Z.; REIS, M.S. Effects of Different Simulated Management Intensities on The Genetic Diversity of a Heart-of-palm Tree Natural Population (*Euterpe edulis* Martius). **Silvae Genetica**, v. 59, n.5, p. 201-210, 2010.

SILVA, S.M. Diagnósticos das restingas do Brasil. In: **Workshop de Avaliação e ações prioritárias para conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha, Porto Seguro**. Anais eletrônicos. Porto Seguro, Fundação BIO RIO, 1999. Disponível em: <http://www.brasil-rounds.gov.br/round7/arquivos_r7/SISMICA_R7//refere/Restingas.pdf> Acesso em: 03 de outubro de 2016.

SILVA JÚNIOR, M.C.; SILVA, A.F. Distribuição dos diâmetros dos troncos das espécies mais importantes do cerrado na estação florestal de experimentação de Paraopeba (EFLEX)- MG. **Acta Botanica Brasilica**, v. 2, p. 107-126, 1988.

SIMINSKI, A.; REIS, A. Espécies Ornamentais Nativas da Região Sul do Brasil. In: Coradin, L.; Siminski, A.; Reis, A. ed. **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial Plantas para o Futuro – Região Sul**. Ministério do Meio, MMA. Biodiversidade, 40. 2011.

SINGH, K. P.; KUSHWAHA, C. P. Diversity of flowering and fruiting phenology of trees in a tropical deciduous forest in India. **Annals of Botany**, v.97, n.2, p.256-276, 2006.

SLATKIN, M.; BARTON, N.H. A comparison of three indirect methods for estimating average levels of gene flow. **Evolution**, v. 43, p. 1349-1368, 1989.

SMITH, L. B. Boragináceas. **Flora Ilustrada de Santa Catarina**, Itajaí, 1970.

SOBREVILA, C.; RAMIREZ, N.; ENRECH, N.X. Reproductive biology of *Palicourea fendleri* and *P. petiolaris* (Rubiaceae), Heterostylous shrubs of a tropical cloud forest in Venezuela. **Biotropica**, v. 15, p. 161-169, 1983.

SOLTIS, D.E.; SOLTIS, P.S., TATE, J.A. 2003. Advances in the study of polyploidy since plant speciation. *New Phytol* 161: 173-191.

SOS MATA ATLÂNTICA. 1998. **Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da Mata Atlântica no período 1990-1995**. Fundação SOS Mata Atlântica, Instituto Socioambiental e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: São Paulo.

SOUSA, L.A.; VENZKE, T.S.; MARTINS, S.V.; FREITAS, G.B. Características Fenológicas de *Baccharis trimera* (Less.) DC. (1836) - Asteraceae - no município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. **Rev. bras. plantas med.** [online]. v.16, n.1, p. 112-116, 2014.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. 2a ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 2008.

- SOUZA-SILVA, M.; FONTENELLE, J.C.R.; MARTINS, R.P.
Ecology, behavior and bionomics. Seasonal Abundance and Species Composition of Flower-Visiting Flies. **Neotrop Entomol**, v. 30, p. 351-359, 2001.
- STAGGEMEIER, V.G.; GALETTI, M.; MORELLATO, L.P.C.
Fenologia reprodutiva de Myrtaceae em uma ilha continental de Floresta Atlântica. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 423-425, 2007.
- STAPF, M. N. S. Nomenclatural notes on *Varronia* (Boraginaceae s.l.) in Brazil. **Rodriguésia**, v. 61, p. 133-135, 2010.
- STEENBOCK, W. Carqueja: medicinal leaves. In: LOPEZ, C.; SHANLEY, P.; FANTINI, A. C. (Orgs.). **Riches of the forest: fruits, remedies and handicrafts in Latin America**. 1ed. Jacarta: CIFOR, v. 1: 95-104, 2004a.
- STEENBOCK, W. Em busca do manejo sustentável da carqueja (*Baccharis trimera* Lers) na região central do Paraná, sul do Brasil. In: ALEXIADES, M.; SHANLEY, P. (Orgs.). **Productos forestales, medios de subsistencia y conservación**. Vol. 3. Jacarta: CIFOR. 2004b.
- STEENBOCK, W.; REIS, M. S. Manejo de populações naturais de espinheira santa. In: Reis, M. S.; Silva, S. R. (Org.). **Plantas Mediciniais e Aromáticas: Espinheira Santa**. Ed, IBAMA, Brasília, v. 1, p. 145-162, 2004.
- STEENBOCK, W.; SIMINSKI, A.; FANTINI, A.C.; REIS, M.S.
Ocorrência da bracatinga (*Mimosa scabrella* benth) em bracatingais manejados e em florestas secundárias na Região do Planalto Catarinense. **Revista Árvore**, v. 35, p. 845-857, 2011.
- STEPHENSON, A. G. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 12, p. 253-279, 1981.

STROHAECKER, T.M. Dinâmica populacional. In: **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília, IBAMA/MMA. 2008.

STUMPF, E.R.T.; BARBIERI, R.L.; HEIDEN, G. **Cores e formas no Bioma Pampa: plantas ornamentais nativas**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 276 p. 2009.

SUGIYAMA, M. **Estudos florísticos e fitossociológicos em comunidades vegetais de restinga da Ilha do Cardoso, Cananéia, SP**. Tese (Doutorado) em Ecologia e Recursos Naturais - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP. 2003.

TAISMA, M.A.; VARELA, C.W. Sistema de compatibilidad en la especie distílica *Cordia curassavica* (JACQ.) R&S (Boraginaceae). **Interciencia**, v. 30, n.7, p. 431-435, 2005.

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

TARAZI, R. **Diversidade genética, estrutura genética espacial, sistema de reprodução e fluxo gênico em uma população de *Copaifera langsdorffii* Desf. no cerrado**. Tese (doutorado). Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Piracicaba - SP, 139 p. 2009.

TEMPLETON, A.R.; SHAW, K.; ROUTMAN, E.; DAVIS, S.K. The genetics consequences of habitat fragmentation. **Annual of Missouri Botanical Gardens**, v. 77, p. 13-27, 1990.

THIRUPATHI, K.; KUMAR, S. RAJU, V. S.; RAVIKUMAR, B.; KRISHNA, D. R.; KRISHNA MOHAN, G. A review of medicinal plants of the genus *Cordia*: Their chemistry and pharmacological uses. **Journal of Natural Remedies**, v. 8, n.1, p.1-10, 2008.

THOMAS, C.D.; KUNIN, W.E. The spatial structure of populations. **Journal of Animal Ecology**, v. 68, p. 647-657, 1999.

THOMAS, M.R.; SCOTT, N.S. Microsatellite repeats in grapevine reveal DNA polymorphisms when analysed as sequence-tagged sites. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 86, p. 985-990, 1993.

THRALL, P. H.; YOUNG, A. AUTOTET: A program for analysis of autotetraploid genotypic data. **Journal of Heredity**, v. 91, p. 348-349, 2000.

TIRADO, R.; PUGNAIRE, F.I. Community structure and positive interactions in constraining environments. **Oikos**, v. 111, p. 437-444, 2005.

TORGGLER, M.G.F.; CONTEL, E.P.B.; TORGLER, S.P. **Isoenzimas: variabilidade genética em plantas**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira Genética, p.186. 1995.

TRIPLEHORN, C.A.; JOHNSON, N.F. **Estudo dos insetos**. São Paulo: Cengage Learning, 816 p. 2013.

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

VAZ, A.P.A.; SCARANARI, C.; BATISTA, L.A.R; FIGUEIRA, G.M.; SARTORATTO, A.; MAGALHÃES, P.M. Biomassa e composição química de genótipos melhorados de espécies medicinais cultivadas em quatro municípios paulistas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n.5, p. 869-872, 2006.

VELDE, V.V.; LAVIE, D.; ZELNIK, R.; MATILDA, A.K.; PANIZZA, S. Cordialin A and B, two new triterpenes from *Cordia verbanacea* DC. **Journal of Chemical Society of Perkin Trans**, v.11, p. 2697, 1982.

VIEIRA, D.D.; CONCEIÇÃO, A.S.; MELO, I.M.; STAPF, M.N.S. A família Boraginaceae sensu lato na APA Serra Branca/Raso da Catarina, Bahia, Brasil. **Rodriguésia**, v. 64, n. 1, p.151-168, 2013.

WADT, L.H.O.; KAGEYAMA, P.Y. Estrutura genética e sistema de acasalamento de *Piper hispidinervum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.2, p.151-157, 2004.

WADT, L. H. O.; KAINERB, K. A.; STAUDHAMMERB, C. L.; SERRANO, R. O. P. Sustainable forest use in Brazilian extractive reserves: Natural regeneration of Brazil nut in exploited populations. **Biological Conservation**, v. 141, p. 332-46, 2008.

WAECHTER, L. Aspectos ecológicos da vegetação de restinga no Rio Grande do Sul, Brasil. **Comunicações do Museu de Ciências da PUCRS, série Botânica**, v. 33, p. 49-68, 1985.

WAECHTER, L. **Comunidades vegetais das restingas do Rio Grande do Sul**. Simpósio de ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira: estrutura, função e manejo. ACIESP, v. 3, p 223-48, 1990.

WASHITANI, I.; ISHIHAMA, F.; MATSUMURA, C.; NAGAI, M.; NISHIHIRO, J.; NISHIHIRO, M.A. Conservation ecology of *Primula sieboldii*: synthesis of information toward the prediction of the genetic/demographic fate of a population. **Plant Species Biol**, v. 20, p. 3-15, 2005.

WHEELWRIGHT, N.T. Competition for dispersers, and the timing of flowering and fruiting in a guild of tropical trees. **Oikos**, v.44, p. 465-477, 1985.

WIELGOLASKI, F. E. Phenological modifications in plants by various edaphic factors. **Int. J. Biometeorol**, v. 45, p. 196-202, 2001.

WIRTH, L. R.; GRAF, R.; BRODBECK, S.; REBER-FUNK, C.; HOLDEREGGER, R.; LANDERGOTT, U. Fully informative microsatellite markers for the tetraploid plant *Eritrichium nanum* (Boraginaceae). **Molecular Ecology Resources**, v. 9, p. 312-314, 2009.

WRIGHT, S. Systems of mating. **Genetics**, v. 6, p. 111-178, 1921.

WRIGHT, S. Evolution in Mendelian populations. **Genetics**, v. 16, n. 2, p. 111-123, 1931.

WRIGHT, S. The genetical structure of populations. **Annals of Eugenics**, v. 15, p. 395-420, 1951.

YOUNG, A.; BOYLE, T. Forest Fragmentation. In: YOUNG, A.; BOSHIER, D.; BOYLE, T. (Eds). **Forest Conservation Genetics: principles and practice**. Collingwood: CSIRO Publishing. 352 p. 2000.

YOUNG, A.; BOYLE, T.; BROWN, T. The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. **Tree**, v. 11, p. 413-418, 1996.

YOUNG, A.G.; BROWN, A.H.D. Paternal bottlenecks in fragmented populations of the grassland daisy *Rutidosis leptorrhynchoides*. **Genetical Research**, v. 73, p. 111-117. 1999.

YOUNG, A.G.; MERRIAM, H.G. Effects of forest fragmentation on the spatial genetic structure of *Acer saccharum* Marsh. (sugar maple) populations. **Heredity**, v. 72, p. 201-208, 1994.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. 4^aed. New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 663p +212 App. 1999.

ZARONI, M.; PONTAROLO, R.; ABRAHÃO, W.S.M.; FÁVERO, M.L.D.; CORREA JÚNIOR, C.; STREMEL, D.P. Qualidade microbiológica das plantas medicinais produzidas no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.14, p.29-39, 2004.

11. ANEXOS

ANEXO 1: Autorização para realização de pesquisa no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição.



PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS
 Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis
 Rua Conselheiro Mafra, 605 – 5º andar CEP 88010-914 - Centro - C.D.C. 00.908 (73/0001-01)
 Fone: (048) 3222 4343 - E-mail: floram@pmf.sc.gov.br

Ofício nº 035/2014-depuc

Florianópolis, 27 de janeiro de 2014.

Ilma. Sra.

Acadêmica MARCIA PATRICIA HOELTGEBAUM / Prof. MAURICIO SEDRES DOS REIS

Doutorada do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos / CCA / UFSC
NESTA

Assunto: Processo E 003270/2014

Autorização para atividade de pesquisa "Caracterização de populações naturais de *CORDIA VERBENACEA* em ambientes de restinga"

Prezada Senhora,

Em atenção a sua solicitação de autorização para a realização de uma atividade de pesquisa no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, informamos que, com base na folha de rotina nº 014/14 – DEPUC foi emitida a autorização nº 05/14-DEPUC, que encaminhamos em anexo.

Solicitamos sua especial atenção às recomendações / restrições contidas na Autorização, lembrando que sua não observância pode implicar no cancelamento da mesma.

Sendo o que tínhamos para o momento,

Atenciosamente,


 Volnei Ivo Carlin
 Superintendente

FLORAM

Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis
 RUA Conselheiro Mabra, 656 - 8º Andar - CEP 880 - CENTRO
 FONES / FAX: (48) 32516664 - CGC 00.909.572/0001-01

AUTORIZAÇÃO AMBIENTAL
Nº05/2014-DEPUC
DATA EXPEDIÇÃO

27 de janeiro de 2014

PERÍODO DE VALIDADE

2014 a 2016

PROCESSO ADMINISTRATIVO: E 003270/2014
DATA: 27/01/2014
REQUERENTE: Marcia Patricia Hoeltgebaum – Prof. Dr. Murício Sedrez dos Reis
ASSUNTO: Autorização para pesquisa de espécie vegetal em ambiente de restinga
OBJETO DA AUTORIZAÇÃO AMBIENTAL

A Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis - FLORAM, com base no Art. 4º, inciso II da Lei nº 4.645/95, e na **Folha de Rotina nº 014/2014-DEPUC**, autoriza a estudante Marcia Patricia Hoeltgebaum, doutoranda do programa de pós- graduação em recursos genéticos vegetais, a realizar o projeto "Caracterização de populações naturais de *CORDIA VERBENACEA* em ambientes de restinga", a ser desenvolvido na restinga da Joaquina – Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição – entre os anos 2014 e 2016.

CONDIÇÕES E RESTRIÇÕES PARA UTILIZAÇÃO DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

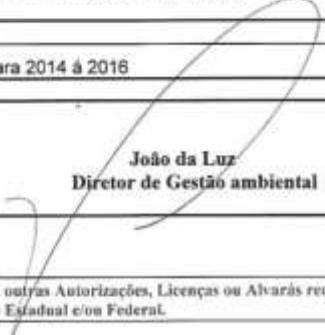
As dunas da Praia da Joaquina estão inseridas no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, criado pelo o Decreto 231/88, "com a finalidade de aproveitar condições peculiares de sua paisagem natural para o adequado desenvolvimento de atividades educativas; de lazer e recreação", estabelecendo que os usos públicos necessários deverão ser compatíveis com a preservação do patrimônio natural, devendo a requerente observar as seguintes recomendações/restrições.

Recomendações / Restrições:

- Apresentação formal dos resultados da pesquisa, para os gestores, funcionários e convidados interessados na gestão dos parques, quando de sua conclusão.
- Entrega, em meio impresso e digital (formato PDF), de cópia do trabalho final.

CONDIÇÃO DE VALIDADE

- A Autorização é válida somente para 2014 à 2016


Volneyvo Carlin
Superintendente

João da Luz
Diretor de Gestão ambiental

Esta Autorização não dispensa nem substitui outras Autorizações, Licenças ou Alvarás requeridos pela legislação Estadual e/ou Federal.

ANEXO 2: Autorização para realização de atividades científicas com coleta de material biológico em Unidade de Conservação SISBIO.



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

| | | |
|-----------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Número: 49888-1 | Data da Emissão: 17/09/2014 11:33 | Data para Revalidação*: 17/09/2015 |
|-----------------|-----------------------------------|------------------------------------|

* De acordo com o art. 33 da IN 154/2009, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser renovada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.

Dados do titular

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Nome: Marcia Patricia Hoelgelaum | CPF: 900.962.378-87 |
| Título do Projeto: CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA DE POPULAÇÕES DE Curatã-verdeana DC. (SBRAGNANCEAE) EM AMBIENTES DE RESTINGA. | |
| Nome da Instituição: UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA | CNPJ: 03.099.526/0001-82 |

Cronograma de atividades

| # | Descrição da atividade | Início (mês/ano) | Fim (mês/ano) |
|---|--------------------------------------------------|------------------|---------------|
| 1 | Coleta do material vegetal nos diferentes locais | 09/2014 | 02/2015 |

Observações e ressalvas

| | |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | As atividades de campo orientadas por pessoas naturais ou jurídicas estrangeiras, em todo o território nacional, que impliquem o desenvolvimento de recursos humanos e materiais, terão por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e culturais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passado, obtidos por meio de pesquisas e atividades que se destinem ao estudo, a difusão ou à pesquisa, serão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia. |
| 2 | Esta autorização NÃO serve e não substitui o SISBIO e se requerer de novo equipe de pesquisadores de cobrar as amostras coletadas em outros locais (áreas legais), bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da Unidade de Conservação Estadual, distrital ou municipal, ou do proprietários, arrendatários, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal (ou processo de regularização fundiária em curso). |
| 3 | Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa MMA nº 104/2007 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que se refere esta Autorização não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou educativas no âmbito do ensino superior. |
| 4 | A autorização para coleta de material biológico não convalida demais ser exigida por meio da endereço eletrônico www.sisbio.gov.br (Serviço de Atendimento ao Cidadão) ou o endereço de e-mail: sisbio@sisbio.gov.br . |
| 5 | O titular da licença ou autorização e os membros de sua equipe deverão obter por métodos de coleta e manutenção de captura documentada, sempre que possível, o grupo taxonômico de interesse, estudar a morte ou áreas significativas e outros grupos, e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de população do grupo taxonômico de interesse em condições in situ. |
| 6 | O titular da autorização ou do licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando de viagem de trabalho regular, ou quando de investigação, pesquisa ou coleta de dados de informações relevantes que subsidiarão a execução do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio e o material biológico coletado apreendido nos termos da legislação (prevista em vigor). |
| 7 | Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre a busca e o julgamento do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou do conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, pela lei de pesquisa científica, inovação tecnológica e desenvolvimento tecnológico. Visto através do sistema em www.mma.gov.br/legis . |
| 8 | Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de obter a CNFRP/REAR e as DARTAs das espécies, as condições para realização das coletas e o tipo de infra-estrutura da unidade. |

Locais onde as atividades de campo serão executadas

| # | Município | UF | Descrição do local | Tipo |
|---|-----------|----|-------------------------------------------|----------------------|
| 1 | | SC | ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA BAÍA FRANÇA | UC Floresta |
| 2 | PAULÓSCA | SC | Restinga de Praia do Sombro | Faixa de UC Floresta |

Atividades X Táxons

| # | Atividade | Táxon |
|---|------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | Coleta/amostragem de material biológico, fungos e microbiológico | Curatã-verdeana |

Material e métodos

| | | |
|---|--------------------------------|------|
| 1 | Atividades biológicas (SISBIO) | UFSC |
|---|--------------------------------|------|

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº154/2009. Atente do código de autorização obtido, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio de página do Sisbio/ICMBio na internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 98783889



Página 1/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Número: 45989-1 | Data da Emissão: 17/09/2014 11:33 | Data para Revalidação*: 17/09/2015 |
| * De acordo com o art. 33 da IN 154/2007, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão. | | |

Dados do titular

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Nome: Marda Patricia Hoeslgetbaum | CPF: 800.562.378-87 |
| Título do Projeto: CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA DE POPULAÇÕES DE <i>Cordia verbenacea</i> DC. (BORAGNANCEAE) EM AMBIENTES DE RESTINGA | |
| Nome da Instituição: UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA | CNPJ: 83.899.526/0001-82 |

| | |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Método de captura/ coleta (Plantas) | <input type="checkbox"/> Coleta manual |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------|

Destino do material biológico coletado

| # | Nome local destino | Tipos Destino |
|---|-----------------------------------------------|---------------|
| 1 | UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA | |

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº154/2007. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio no Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 98783889



Página 2/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Número: 40989-1 | Data de Emissão: 17/09/2014 11:33 | Data para Revalidação*: 17/10/2015 |
| * De acordo com o art. 15 da Lei 134/2009, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão. | | |

Dados do titular

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Nome: Maria Patricia Hoeltgebaum | CPF: 800.682.375-87 |
| Título do Projeto: CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA DE POPULAÇÕES DE <i>Cordia verbenacea</i> DC. (BORAGNANCEAE) EM AMBIENTES DE RESTINGA | |
| Nome da Instituição: UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA | CNPJ: 85.889.628/0001-82 |

* Identificar o espécime no nível taxonômico possível.

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº154/2007. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 98783889



Página 4/4