

**Universidade Feevale
Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental
Mestrado em Qualidade Ambiental**

THÁBIA OTTÍLIA HOFSTETTER PADOIN

**FENOLOGIA DE TRÊS ESPÉCIES DE SAMAMBAIAS EPIFÍTICAS EM
FLORESTA COM ARAUCÁRIA, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL:
ESTATÍSTICAS DO EFEITO DE BORDA**

Novo Hamburgo

2017

**Universidade Feevale
Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental
Mestrado em Qualidade Ambiental**

THÁBIA OTTÍLIA HOFSTETTER PADOIN

**FENOLOGIA DE TRÊS ESPÉCIES DE SAMAMBAIAS EPIFÍTICAS EM
FLORESTA COM ARAUCÁRIA, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL:
ESTATÍSTICAS DO EFEITO DE BORDA**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Qualidade Ambiental como requisito
para a obtenção do título de Mestra
em Qualidade Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Jairo Lizandro Schmitt

Novo Hamburgo

2017

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

Padoin, Thábia Otília Hofstetter.

Fenologia de três espécies de samambaias epifíticas em floresta com araucária, Rio Grande do Sul, Brasil: estatísticas do efeito de borda / Thábia Otília Hofstetter Padoin. – 2017.

95 f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) – Universidade Feevale, Novo Hamburgo-RS, 2017.

Inclui bibliografia e apêndice.

“Orientador: Prof. Dr. Jairo Lizandro Schmitt”.

1. Fenologia – Rio Grande do Sul. 2. Samambaias. 3. Impactos ambientais. 4. Efeito de borda. I. Título.

CDU 581.54(816.5)

Bibliotecária responsável: Patrícia Mentz – CRB 10/2143

Universidade Feevale
Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental
Mestrado em Qualidade Ambiental

THÁBIA OTTÍLIA HOFSTETTER PADOIN

**FENOLOGIA DE TRÊS ESPÉCIES DE SAMAMBAIAS EPIFÍTICAS EM
FLORESTA COM ARAUCÁRIA, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL:
ESTATÍSTICAS DO EFEITO DE BORDA**

Dissertação de Mestrado aprovada pela banca examinadora em 11 de dezembro de 2017, conferindo a autora o título de Mestra em Qualidade Ambiental.

Componentes da Banca Examinadora:

Prof. Dr. Jairo Lizandro Schmitt (Orientador)
Universidade Feevale

Profa. Dra. Márcia Isabel Käffer
Universidade Feevale

Prof. Dr. Paul Gerhard Kinas
Universidade Federal do Rio Grande

*À minha mãe Rosália Lolita e
meu parceiro João Brito
eu dedico*

Agradecimentos

Agradeço à Universidade Feevale pela estrutura disponibilizada e ao Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental pela oportunidade de realização desse trabalho.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida.

À Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FLONA) por abrirem os portões para essa pesquisa. Obrigada especial aos funcionários que moram lá, Arcelino Pereira de Moraes e Beloni Dutra da Silva.

Ao laboratório de Botânica da Feevale por toda infraestrutura concedida.

Ao Prof. Dr. Jairo Lizandro Schmitt pela orientação, confiança, paciência e principalmente por acreditar no meu potencial.

À Dra. Márcia Käffer e à Dra. Daniela Quevedo pelas contribuições intelectuais efetuadas na qualificação desse trabalho.

Ao Dr. Paul Gerhard Kinas pelo auxílio nas análises Bayesianas.

Aos professores e amigos, Filipe Zabala pela contribuição sobre modelos lineares generalizados; e, Rodrigo Heldt pela colaboração no uso de interações entre as variáveis ambientais.

Aos meus queridos colegas do Laboratório de Botânica. À Paula Lehnen e Vanessa Graeff pelas conversas e momentos agradáveis no laboratório, e fora dele. À Ivanete Mallmann, Ana Paula, Fabiane Lucheta, Simone Cunha, Renan Port, Fernando Bertoldi, Marina Zimmer pela amizade, companheirismo e troca de idéias. À Camila Führ e Josué de Barros pela ajuda em praticamente todos meus campos e pelas fugidas dos “Javaporcos”. Saibam que sem o auxílio de vocês essa pesquisa não seria possível. À Vinícius da Silva e Andressa Müller por dedicarem um tempinho de seus dias para me ajudar no texto. Obrigada mesmo.

E é claro, meu obrigada à todos que foram, pelo menos uma vez em meu campo. Saibam que a ajuda de todos foi muito importante para a realização desse trabalho. Sem dúvidas vou sentir falta da companhia de todos vocês. Levarei para a eternidade essas amizades.

À minha família por entenderem minha falta nesse período de finalização da dissertação. À minha avó e em memória ao meu avô por torcerem sempre por mim.

Ao meu irmão Tádzio Oswaldo que nunca desiste de me convidar para “arejar” a cabeça. Saiba que essas saídas são essenciais e me ajudam muito.

Ao meu irmão Thauan Osias que, mesmo tendo sua própria profissão, deu um dia do seu tempo para me ajudar em campo. Saiba que tua ajuda foi, é e sempre será muito

importante para mim.

À minha mãe Rosália Lolita, bióloga, professora e pai. Obrigada por sempre me motivar e dizer que tudo vai dar certo. Mesmo às vezes eu não acreditando. Saibas que és a pessoa mais importante da minha vida.

Ao meu fiel companheiro, “namorado” e parceiro de todas as horas, João Brito. Obrigada por todo auxílio na parte computacional, nas análises estatísticas e por aturar meus ataques de nervos. Tua paciência é invejável. Sem tua ajuda, tudo seria muito mais difícil. Obrigada.

*"Para que chorar, o que passou
Lamentar perdidas ilusões
Se o ideal que sempre nos acalentou
Renascerá em outros corações."
Charles Chaplin*

Resumo

A Floresta com Araucária ocorre restritamente nas regiões sul e sudeste do Brasil e possui a maior riqueza de samambaias e licófitas. Contudo, essa floresta sofre com os efeitos da fragmentação, chamados de efeitos de borda, que causam mudanças no microclima da região e conseqüentemente podem alterar os ciclos e respostas sazonais das espécies que vivem nesse local. A compreensão dos eventos fenológicos das plantas está diretamente relacionada aos fatores ambientais e pode ser de extrema importância para o entendimento da fragmentação. Portanto, ainda há lacunas no conhecimento do efeito de borda sobre a fenologia de samambaias, principalmente as de hábito epífítico. Assim, o objetivo principal desse estudo foi comparar os eventos fenológicos de *Campyloneurum nitidum* (Kaulf.) C. Presl, *Campyloneurum austrobrasilianum* (Alston) de la Sota e *Pecluma pectinatiformis* (Lindm.) M. G. Price em borda artificial e interior florestal e analisar suas relações com as variáveis ambientais na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. O monitoramento das variáveis ambientais e dos dados fenológicos foram apurados por 12 meses. Foram averiguadas frequência, intensidade e sazonalidade dos eventos fenológicos, bem como análises utilizando a inferência Bayesiana para apurar diferenças das variáveis microambientais e fenofases entre as áreas. Para identificar a relação entre macro e microambientais com as fenofases foram criados modelos estatísticos de Regressão de Poisson Bayesiana. A precipitação e a radiação fotossinteticamente ativa foram as variáveis microambientais que mais diferiram entre as áreas. A renovação foliar foi a fenofase que apresentou as maiores frequências e intensidades, apresentando um efeito de borda negativo para a renovação das folhas de *C. nitidum*. Com isso, foi possível constatar o efeito de borda na fenologia das samambaias epífíticas do presente estudo. O uso da inferência Bayesiana contribuiu para fornecer mais informações sobre as diferenças no comportamento fenológico das plantas da borda e do interior quando comparada com as análises frequentistas.

Palavras-chave: Borda florestal. Epífitos. Estatística Bayesiana. Fenofases. Floresta Ombrófila Mista.

Abstract

The Araucaria Forest occurs strictly in the southern and southeastern regions of Brazil and has the greatest richness of ferns and lycophytes. However, this forest suffers from the effects of fragmentation, called edge effects, which cause changes in the microclimate of the region and consequently could change the cycles and seasonal responses of the species living in the area. The understanding of the phenological events of the plants is directly related to the environmental factors and could be of extreme importance for the understanding of the fragmentation. Therefore, there are still gaps in the knowledge of the edge effect on the phenology of ferns, especially those of epiphytic habit. Thus, the main objective of this study was to compare the phenological *Campyloneurum nitidum* (Kaulf.) C. Presl, *Campyloneurum austrobrasillianum* (Alston) de la Sota e *Pecluma pectinatiformis* (Lindm.) M. G. Price in artificial border and forest interior and to analyze its relations with the environmental variables in the National Forest of São Francisco de Paula, RS. Monitoring of environmental variables and phenological data was verified for 12 months. Frequency, intensity and seasonality of phenological events were investigated, as well as analyzes using Bayesian inference to determine differences of microenvironmental variables and phenophases between the areas. Monitoring of environmental variables and phenological data was verified for 12 months. To identify the relationship between macro and microenvironment with the phenophases, statistical models of Bayesian Poisson Regression were created. Precipitation and photosynthetically active radiation were the microenvironmental variables that differed most between the areas. The foliar renewal was the phenophasis that presented the highest frequencies and intensities, presenting a negative edge effect for the renewal of the leaves of *C. nitidum*. With this, it was possible to verify the edge effect in the phenology of the epiphytic ferns of the present study. The use of Bayesian inference contributed to provide more information about the differences in the phenological behavior of the plants of the edge and of the interior when compared with the classic analyzes.

Keywords: Forest edge. Epiphytes. Bayesian Statistics. Phenophases. Mixed Ombrophilous Forest.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Média de temperatura (linha) e precipitação acumulada (colunas), entre abril 2016 e abril 2017, na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul.	25
Figura 2 – Samambaias epifíticas na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. A- <i>Campyloneurum austrobrasilianum</i> , B- <i>Campyloneurum nitidum</i> e C- <i>Pecluma pectinatiformis</i>	27
Figura 3 – Localização da área de estudo. A-Localização do Rio Grande do Sul no Brasil, B-Localização da FLONA no Rio Grande do Sul e C-Localização da borda e do interior florestal na FLONA.	28
Figura 4 – Fenofases das três espécies. 1- <i>Campyloneurum austrobrasilianum</i> , 2- <i>Campyloneurum nitidum</i> e 3- <i>Pecluma pectinatiformis</i> . A-Renovação foliar, B-Formação de esporângios e C-Morte foliar.	29
Figura 5 – Exemplo da saída gráfica sobre diferença entre áreas para apurar o fator de Bayes.	32
Figura 6 – Esquema do modelo de Regressão de Poisson Bayesiano implementado para modelar a relação entre uma variável dependente com outras variáveis explicativas.	34
Figura 7 – Intensidade e frequência das fenofases de cada uma das três espécies de samambaias epifíticas em borda e interior florestal entre maio de 2016 e abril de 2017, Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. Renovação foliar (A, D, G), formação de esporângios (B, E, H) e morte foliar (C, F, I).	40
Figura 8 – Precipitação acumulada da borda (colunas cinzas) e do interior (colunas pretas) coletados por período de coleta na área de estudo da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.	42
Figura 9 – Variáveis microambientais. A - Radiação fotossinteticamente ativa. B - Umidade relativa do ar e temperatura média coletados no período de abril de 2016 até abril de 2017 na borda e interior da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.	43
Figura 10 – Precipitação acumulada em colunas, temperatura média em linha pontilhada e média de fotoperíodo em linha contínua por períodos de coletada na estação meteorológica da Floresta Nacional de São Francisco de Paula,RS.	50
Figura 11 – Comparação da temperatura na borda com o interior. A - Média da Borda; B - Média do Interior; C - Diferença das médias entre borda e interior e D - Distinção total entre as áreas, considerando diferença de médias e desvios padrões.	84
Figura 12 – Comparação da umidade do ar na borda com o interior. A - Média da Borda; B - Média do Interior; C - Diferença das médias entre borda e interior e D - Distinção total entre as áreas, considerando diferença de médias e desvios padrões.	85

Figura 13 – Comparação da interação da temperatura com a umidade do ar na borda com o interior. A - Média da Borda; B - Média do Interior; C - Diferença das médias entre borda e interior e D - Distinção total entre as áreas, considerando diferença de médias e desvios padrões.	85
Figura 14 – Comparação da precipitação na borda com o interior. A - Média da Borda; B - Média do Interior; C - Diferença das médias entre borda e interior e D - Distinção total entre as áreas, considerando diferença de médias e desvios padrões.	86
Figura 15 – Comparação da interação da precipitação com a umidade do ar na borda com o interior. A - Média da Borda; B - Média do Interior; C - Diferença das médias entre borda e interior e D - Distinção total entre as áreas, considerando diferença de médias e desvios padrões.	86
Figura 16 – Comparação da RFA na borda com o interior. A - Média da Borda; B - Média do Interior; C - Diferença das médias entre borda e interior e D - Distinção total entre as áreas, considerando diferença de médias e desvios padrões.	87
Figura 17 – Comparação da interação da RFA com a temperatura na borda com o interior. A - Média da Borda; B - Média do Interior; C - Diferença das médias entre borda e interior e D - Distinção total entre as áreas, considerando diferença de médias e desvios padrões.	87
Figura 18 – Comparação da renovação foliar da <i>Campyloneurum austrobrasilianum</i> na borda com o interior. A-Taxa média de folhas na borda; B-Taxa média de folhas no interior; C-Diferença entre a a taxa média de folhas da borda com a do interior.	88
Figura 19 – Comparação da formação de esporângios da <i>Campyloneurum austrobrasilianum</i> na borda com o interior. A-Taxa média de folhas na borda; B-Taxa média de folhas no interior; C-Diferença entre a a taxa média de folhas da borda com a do interior.	89
Figura 20 – Comparação da morte foliar da <i>Campyloneurum austrobrasilianum</i> na borda com o interior A-Taxa média de folhas na borda; B-Taxa média de folhas no interior; C-Diferença entre a a taxa média de folhas da borda com a do interior.	90
Figura 21 – Comparação da renovação foliar da <i>Campyloneurum nitidum</i> na borda com o interior. A-Taxa média de folhas na borda; B-Taxa média de folhas no interior; C-Diferença entre a a taxa média de folhas da borda com a do interior.	91
Figura 22 – Comparação da formação de esporângios da <i>Campyloneurum nitidum</i> na borda com o interior. A-Taxa média de folhas na borda; B-Taxa média de folhas no interior; C-Diferença entre a a taxa média de folhas da borda com a do interior.	92
Figura 23 – Comparação da morte foliar da <i>Campyloneurum nitidum</i> na borda com o interior. A-Taxa média de folhas na borda; B-Taxa média de folhas no interior; C-Diferença entre a a taxa média de folhas da borda com a do interior.	93

Figura 24 – Comparação da renovação foliar da <i>Pecluma pectinatiformis</i> na borda com o interior. A-Taxa média de folhas na borda; B-Taxa média de folhas no interior; C-Diferença entre a a taxa média de folhas da borda com a do interior.	94
Figura 25 – Comparação da formação de esporângios da <i>Pecluma pectinatiformis</i> na borda com o interior. A-Taxa média de folhas na borda; B-Taxa média de folhas no interior; C-Diferença entre a a taxa média de folhas da borda com a do interior.	95
Figura 26 – Comparação da morte foliar da <i>Pecluma pectinatiformis</i> na borda com o interior. A-Taxa média de folhas na borda; B-Taxa média de folhas no interior; C-Diferença entre a a taxa média de folhas da borda com a do interior.	96

Lista de tabelas

Tabela 1 – Fator de Bayes (JEFFREYS, 1961)	32
Tabela 2 – Resultados dos testes de análise de estatística circular para ocorrência da sazonalidade nos eventos fenológicos de <i>Campyloneurum austrobrasillianum</i> , <i>Campyloneurum nitidum</i> e <i>Pecluma pectinatiformis</i> em borda e interior florestal, entre maio de 2016 e abril de 2017, Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.	41
Tabela 3 – Análises Bayesianas para comparação das variáveis microambientais entre borda e interior.	46
Tabela 4 – Análises Bayesianas para comparação das fenofases da borda com as do interior.	49
Tabela 5 – Modelos Bayesianos para relação das variáveis macro e microambientais com as fenofases de <i>Campyloneurum austrobrasillianum</i>	52
Tabela 6 – Modelos Bayesianos para relação das variáveis macro e microambientais com as fenofases de <i>Campyloneurum nitidum</i>	54
Tabela 7 – Modelos Bayesianos para relação das variáveis macro e microambientais com as fenofases de <i>Pecluma pectinatiformis</i>	56
Tabela 8 – Modelos Frequentistas para relação das variáveis macro e microambientais com as fenofases de <i>Campyloneurum austrobrasillianum</i>	58
Tabela 9 – Modelos Frequentistas para relação das variáveis macro e microambientais com as fenofases de <i>Campyloneurum nitidum</i>	60
Tabela 10 – Modelos Frequentistas para relação das variáveis macro e microambientais com as fenofases de <i>Pecluma pectinatiformis</i>	62
Tabela 11 – Análises Frequentistas para comparação das fenofases da borda com as do interior.	63
Tabela 12 – Análises Frequentistas para comparação das variáveis microambientais entre borda e interior.	64

Lista de abreviaturas e siglas

AIC	Akaike Information Criterion.
ASA	American Statistical Association.
CAPES	Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
DIC	Deviance Information Criterion.
FLONA	Floresta Nacional.
HDI	Intervalo de Maior Densidade de 95%.
IC	Intervalo de Confiança de 95%.
ON	Observatório Nacional.
RFA	Radiação Fotossinteticamente Ativa.
RS	Rio Grande do Sul.
UCUS	Unidade de Conservação de Uso Sustentável.
mm	Unidade de medida da precipitação.
°C	Unidade de medida da temperatura.
$\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Unidade de medida da Radiação Fotossinteticamente Ativa.

Lista de símbolos

\leq	Menor ou igual que.
$>$	Maior que.
\cong	Aproximadamente igual.
μ	Média da amostra.
θ	Parâmetro estimado na inferência Bayesiana.
r	Comprimento de vetor na estatística circular.
S	Desvio padrão dos dados brutos da variável.
x_i	Valor do dado bruto.
\bar{x}	Média dos dados brutos da variável.
z	Valor da variável padronizada em unidades de desvio padrão.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
3	OBJETIVOS	24
3.1	Objetivo geral	24
3.2	Objetivos específicos	24
4	MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1	Local de estudo	25
4.2	Material biológico	26
4.3	Demarcação das unidades amostrais, seleção e marcação dos indivíduos	27
4.4	Monitoramento fenológico	28
4.5	Monitoramento das variáveis macroambientais	29
4.6	Monitoramento das variáveis microambientais	30
4.7	Análises estatísticas	30
4.7.1	Análises de intensidade, frequência e sazonalidade	30
4.7.2	Comparação entre borda e interior	31
4.7.2.1	Comparação entre borda e interior: variáveis microambientais	33
4.7.2.2	Comparação entre borda e interior: fenofases	33
4.7.3	Relação entre as fenofases e as variáveis macro e microambientais	34
4.7.4	Estatística Frequentista	35
5	RESULTADOS	36
5.1	Intensidade, frequência e sazonalidade	36
5.1.1	<i>Campyloneurum austrobrasilianum</i>	36
5.1.1.1	Renovação foliar	36
5.1.1.2	Formação de esporângios	36
5.1.1.3	Morte foliar	36
5.1.2	<i>Campyloneurum nitidum</i>	37
5.1.2.1	Renovação foliar	37
5.1.2.2	Formação de esporângios	37
5.1.2.3	Morte foliar	37
5.1.3	<i>Pecluma pectinatiformis</i>	38
5.1.3.1	Renovação foliar	38
5.1.3.2	Formação de esporângios	38

5.1.3.3	Morte foliar	39
5.2	Comparação entre borda e interior	41
5.2.1	Análises descritivas	41
5.2.2	Análises Bayesianas para comparação das variáveis microambientais entre borda e interior	44
5.2.2.1	Temperatura na borda e no interior	44
5.2.2.2	Umidade do ar na borda e no interior	44
5.2.2.3	Interação da temperatura com a umidade do ar na borda e no interior	44
5.2.2.4	Precipitação na borda e no interior	44
5.2.2.5	Interação da precipitação com a umidade do ar na borda e no interior	45
5.2.2.6	RFA na borda e no interior	45
5.2.2.7	Interação da RFA com a temperatura na borda e no interior	45
5.2.3	Análises Bayesianas para comparação das fenofases entre borda e interior	47
5.2.3.1	<i>Campyloneurum austrobrasilianum</i>	47
5.2.3.1.1	Renovação foliar entre borda e interior	47
5.2.3.1.2	Formação de esporângios entre borda e interior	47
5.2.3.1.3	Morte foliar entre borda e interior	47
5.2.3.2	<i>Campyloneurum nitidum</i>	47
5.2.3.2.1	Renovação foliar entre borda e interior	47
5.2.3.2.2	Formação de esporângios entre borda e interior	48
5.2.3.2.3	Morte foliar entre borda e interior	48
5.2.3.3	<i>Pecluma pectinatiformis</i>	48
5.2.3.3.1	Renovação foliar entre borda e interior	48
5.2.3.3.2	Formação de esporângios entre borda e interior	48
5.2.3.3.3	Morte foliar entre borda e interior	48
5.2.4	Análises descritivas das variáveis macroambientais	50
5.2.5	Modelos Bayesianos para relação das variáveis macro e microambientais com as fenofases	50
5.2.5.1	<i>Campyloneurum austrobrasilianum</i>	50
5.2.5.2	<i>Campyloneurum nitidum</i>	53
5.2.5.3	<i>Pecluma pectinatiformis</i>	55
5.2.6	Resultados das análises Frequentistas	57
5.2.6.1	<i>Campyloneurum austrobrasilianum</i>	57
5.2.6.2	<i>Campyloneurum nitidum</i>	58
5.2.6.3	<i>Pecluma pectinatiformis</i>	61
6	DISCUSSÃO	65
6.1	Fenologia das espécies	65
6.1.1	Renovação foliar	65
6.1.2	Formação de esporângios	66

6.1.3	Morte foliar	68
6.2	Abordagens estatísticas	69
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
	REFERÊNCIAS	73
	APÊNDICES	83
	APÊNDICE A – GRÁFICOS DAS ANÁLISES BAYESIANAS PARA COMPARAÇÃO DA BORDA COM O INTERIOR	84
A.1	Comparação das variáveis microambientais da borda com as do interior	84
A.1.1	Temperatura na borda e no interior	84
A.1.2	Umidade do ar na borda e no interior	85
A.1.3	Interação da temperatura com a umidade do ar na borda e no interior	85
A.1.4	Precipitação na borda e no interior	86
A.1.5	Interação da precipitação com a umidade do ar na borda e no interior	86
A.1.6	RFA na borda e no interior	87
A.1.7	Interação da RFA com a temperatura na borda e no interior	87
A.2	Comparação das fenofases da borda com as do interior	88
A.2.1	<i>Campyloneurum austrobrasilianum</i>	88
A.2.1.1	Renovação foliar entre borda e interior	88
A.2.1.2	Formação de esporângios entre borda e interior	89
A.2.1.3	Morte foliar entre borda e interior	90
A.2.2	<i>Campyloneurum nitidum</i>	91
A.2.2.1	Renovação foliar entre borda e interior	91
A.2.2.2	Formação de esporângios entre borda e interior	92
A.2.2.3	Morte foliar entre borda e interior	93
A.2.3	<i>Pecluma pectinatiformis</i>	94
A.2.3.1	Renovação foliar entre borda e interior	94
A.2.3.2	Formação de esporângios entre borda e interior	95
A.2.3.3	Morte foliar entre borda e interior	96

1 INTRODUÇÃO

A Floresta com Araucária é também denominada de Floresta Ombrófila Mista (IBGE, 1992), apresentando uma elevada heterogeneidade florística que ocorre em função de variações no clima e de gradientes altitudinais (HIGUCHI et al., 2012). Ocorrendo restritamente no sul e sudeste do Brasil, a Floresta com Araucária está extremamente fragmentada e com menos de 5% da sua cobertura original (MMA/SBF, 2002). Segundo Ribeiro et al. (2009), ela se encontra fragmentada por motivos históricos de ocupação de terras e, conforme Bergamin e Mondin (2006), essa fragmentação causa um aumento na área de borda, alterando o microambiente. Com isso, o microclima é modificado com o aumento da exposição ao vento, temperatura e diminuição da umidade do ar (SIQUEIRA et al., 2004).

Essas alterações no microclima e na estrutura de bordas de florestas fragmentadas são conhecidas como efeito de borda, e constituem parâmetros utilizados para avaliar o efeito da fragmentação sobre a biodiversidade (FAHRIG, 2003). Segundo Bierregaard et al. (2001), as mudanças físicas na borda e na diversidade biótica associadas com as abruptas bordas artificiais das florestas são as principais fontes de impactos do efeito de borda.

Dentre vários efeitos que uma borda artificial pode causar, podemos destacar a perda de riqueza de espécies (SILVA; SCHMITT, 2015), variações no microclima da floresta (DIDHAM; LAWTON, 1999; KAPOs et al., 1997), retardo ou adiantamento de algumas fenofases, bem como a diminuição ou o aumento da frequência de eventos fenológicos (LAURANCE et al., 2003). Com isso, Badeck et al. (2004) sugeriram a fenologia como resposta as variações de clima, sendo ela uma característica sensível e observável na natureza.

Fenologia é o estudo dos intervalos de eventos vegetativos e reprodutivos das plantas provocados por fatores intrínsecos ou extrínsecos, influenciados principalmente pela temperatura, fotoperíodo e precipitação ou alguma combinação dessas variáveis (MEHLTRETER, 2008b). Morellato et al. (2016) indicam o uso da fenologia como uma qualidade funcional, pois sua combinação com a morfologia e com outras características poderia ser um indicador mais preciso das funções das plantas, relacionadas com respostas ao clima e a outros estímulos ambientais.

Alterações microclimáticas, segundo Mehltreter e García-Franco (2008a), podem alterar as respostas ao clima, determinar padrões sazonais nas espécies e, conforme Arroyo et al. (1981), seriam importantes fatores na influência dos padrões fenológicos de samambaias. Desta forma, a fenologia é um excelente mecanismo para averiguar as mudanças climáticas nos ecossistemas (CLELAND et al., 2007), proporcionando uma importante contribuição para a ciência da conservação (MORELLATO et al., 2016).

Existem aproximadamente 12.240 espécies de samambaias no mundo e cerca de 2.700

são epifíticas (ZOTZ, 2013). Fraga et al. (2008) listam diversas estratégias adaptativas que favoreceram o epifitismo das plantas, que por sua vez podem ter diversas funções para atender maiores variações climáticas. Por isso, Fontoura (2001) relata que espécies epifíticas tendem a ter sua ocupação relacionada a fatores abióticos, como luz, umidade, temperatura e substrato.

Essas espécies vivem todo o seu ciclo de vida, ou parte dele, sobre outras plantas utilizando-as somente como suporte sem lhes causar danos (BENZING, 1987). Os nutrientes são retirados diretamente da umidade atmosférica (BENNETT, 1986; KRESS, 1986; WALLACE,). Sendo assim, as samambaias podem ser um excelente bioindicador dos efeitos da fragmentação (PEREIRA et al., 2014; SILVA; SCHMITT, 2015), principalmente as epifíticas (SILVA et al., 2017).

De acordo com Morellato et al. (2010a), a conexão entre a avaliação temporal, eventos recorrentes e a análise de dados se mostra muito importante. Por isso, segundo (HAMER et al., 2005; ZIMMERMAN et al., 2007), a averiguação da sazonalidade por meio da estatística circular é de fundamental importância para descrever e comparar tanto a fenologia de animais como a de plantas.

Sendo assim, os trabalhos científicos são fundamentados com o uso da inferência — processo de raciocínio que procura tirar conclusões do todo, partindo do conhecimento de uma parte — a qual é aplicada para possibilitar tomada de decisões em presença de incerteza, que se dá por meio do confronto de duas ou mais hipóteses concorrentes (BEKMAN; COSTA NETO, 2009). Em 1930, os procedimentos de testes de hipótese surgiram, baseados em certos princípios restritivos e hipóteses formuladas (BEKMAN; COSTA NETO, 1980). Conforme Jaynes (2003), a inferência estatística utilizada pela grande maioria de pesquisadores da ecologia, é denominada de Clássica, Frequentista, Tradicional ou Ortodoxa. Nesta abordagem o conceito de probabilidade somente descreve aleatoriedade Frequentista, motivo que dá origem ao nome "Frequentista".

Porém, os métodos frequentistas atualmente empregados são profundamente sensíveis para valores extremos (DOSE; MENZEL, 2006), e somente cerca de 40% dos estudos de fenologia têm encontrado significância estatística (SCHLEIP et al., 2010). Em 1960, surgiram críticas aos princípios e hipóteses do enfoque Frequentista, retornando-se às origens da inferência e abandonando-se os princípios restritivos, surgindo a estatística Bayesiana (BEKMAN; COSTA NETO, 1980). Em 2014, Nuzzo destacou a fragilidade e erros de aplicação do *p-value* para identificar significância estatística.

Alguns procedimentos da abordagem Frequentista só apresentam bons resultados com amostras de tamanho grande, a abordagem Bayesiana por sua vez, não apresenta essa restrição, desde que o modelo estatístico utilizado seja aproximadamente correto para o fenômeno em estudo (BEKMAN; COSTA NETO, 2009; GELMAN et al., 2013). No contexto Bayesiano, probabilidade é uma métrica para incerteza em geral e toda inferência passa a ser expressa através de uma distribuição de probabilidade "posterior" sobre parâmetros (e hipóteses), sendo

a expressão mais completa do conhecimento disponível (KINAS; ANDRADE, 2010). Com isso, procurou-se demonstrar com esse trabalho os benefícios advindos dessa abordagem para o efeito de borda na fenologia de samambaias epifíticas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No Brasil, destacam-se como contribuições acerca da fenologia de samambaias epifíticas quatro estudos principais. [Ranal \(1993\)](#) observou o desenvolvimento de *Pleopeltis hirsutissima* (Raddi) de la Sota em condições naturais na Mata Mesófila Semidecídua do estado de São Paulo. A autora verificou o padrão sazonal e identificou relação com a precipitação, no qual o metabolismo é reduzido em períodos secos. No mesmo local, [Ranal \(1995\)](#) verificou o estabelecimento de oito espécies de samambaias da família Polypodiaceae, cinco delas de hábito epifítico. Essas espécies tiveram maior atividade no período chuvoso e uma maior deciduidade das plantas com a ausência de chuvas.

[Farias e Xavier \(2013\)](#) contribuíram para documentar os aspectos fenológicos de *Phlebodium decumanum* (Willd.) J. SM. em um fragmento urbano de Floresta Atlântica, no estado da Paraíba. De setembro de 2008 até agosto de 2009 foi registrada a produção de folhas férteis no período de março a agosto, apresentando direta relação com o período de maior precipitação. Em um mesmo tipo florestal no Rio Grande do Sul (RS), [Padoin et al. \(2016\)](#) estudaram a fenologia de *Lomaridium plumieri* (Desv.) C. Presl no qual a renovação foliar foi a única fase fenológica relacionada com temperatura e fotoperíodo, apresentando somente sazonalidade na fertilidade.

Dentre os principais estudos que tratam do efeito de borda, sobre comunidades de samambaias no Brasil, destaca-se o de [Paciencia e Prado \(2004\)](#). Os pesquisadores observaram os efeitos de borda sobre a comunidade de samambaias e licófitas na Mata Atlântica na região de Una, sul da Bahia. O estudo demonstrou que os interiores florestais são áreas totalmente distintas daquelas de borda, quanto à riqueza de espécies. Nesse caso, seria possível que o efeito de borda causasse interferência negativa, a uma distância de aproximadamente 20m da linha de borda. Os mesmos autores, [Paciencia e Prado \(2005\)](#) verificaram o efeito negativo que a fragmentação tem sobre a riqueza das espécies na borda em floresta Atlântica da Bahia.

Na Floresta Atlântica Nordestina, [Barros et al. \(2005\)](#) efetuaram o levantamento de espécies de samambaias para contribuição do conhecimento da composição e riqueza. Os autores observaram uma maior presença das espécies no interior florestal, quando comparado à borda.

Em Pernambuco, [Silva et al. \(2011\)](#) averiguaram os efeitos de borda na comunidade de samambaias em um remanescente de Floresta Atlântica de Rio Formoso. Os pesquisadores identificaram uma diversidade de 18 espécies no interior e somente oito espécies na borda, nas áreas demarcadas. Com relação à abundância, foi constatada uma diferença de 137 indivíduos entre borda e interior.

[Silva e Schmitt \(2015\)](#) observaram o efeito de borda nas samambaias em dois pontos

na Floresta Ombrófila Mista do Rio Grande do Sul (RS). Em uma das áreas encontraram 27 espécies no interior florestal, para 16 na borda. Em outra área, identificaram uma diferença menor, encontrando 11 no interior e sete na borda. [Silva et al. \(2017\)](#) relatam o efeito de borda sobre uma comunidade de samambaias epifíticas em floresta com araucária. No estudo evidenciou-se a ocorrência de efeito de borda em duas áreas. A área que tinha contato com agricultura foi impactada tanto na borda quanto no interior, e a área com uma estrada teve seu maior impacto na borda em comparação ao interior.

Todos os trabalhos, citados anteriormente, fizeram uso de estatística Frequentista para discutir e comprovar suas conclusões. Contudo, [Schleip et al. \(2010\)](#) concluíram que conceitos Bayesianos permitem a comparação de diferentes modelos para descrever o comportamento funcional de séries fenológicas e, até mesmo, prever taxas de mudanças.

O comportamento funcional da fenologia foi abordado por [Dose e Menzel \(2004\)](#) por intermédio de conceitos Bayesianos para comparar diferentes modelos. Os autores utilizaram séries temporais para fornecer previsões anuais uniformes sobre a probabilidade e taxas de mudanças. Dessa forma, para [Dose e Menzel \(2006\)](#) a resposta Bayesiana ofereceu uma visão biológica mais profunda, sendo superior aos resultados de uma análise de correlação tradicional. [Schleip et al. \(2008\)](#) fizeram uso da análise Bayesiana para interpretar as diferenças do desdobramento de folhas de três espécies arbóreas em relação as mudanças climáticas de temperatura.

[Schleip et al. \(2006\)](#) extraíram melhores resultados com o uso da abordagem Bayesiana em séries temporais fenológicas de longo prazo, durante as quatro estações, em comparação aos modelos da estatística Frequentista. [Schleip et al. \(2008\)](#) destacaram vantagens no uso do paradigma Bayesiano para a seleção de modelos que identificassem o ponto de mudança da fenologia.

Contudo, trabalhos com foco no efeito de borda sobre a fenologia de samambaias epifíticas são desconhecidos atualmente e, diante das diferenças encontradas entre borda e interior, em relação à riqueza, composição e abundância de samambaias, pode-se esperar uma diferença no comportamento fenológico. Para avaliar diferenças fenológicas entre borda e interior, o presente estudo fez uso da abordagem Bayesiana.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a relação e diferenças dos eventos fenológicos de *Campyloneurum nitidum* (Kaulf.) C. Presl, *Campyloneurum austrobrasilianum* (Alston) de la Sota e *Pecluma pectinatiformis* (Lindm.) M.G.Price em borda artificial e interior florestal com fatores ambientais, fazendo uso da abordagem Bayesiana.

3.2 Objetivos específicos

- a) Monitorar os eventos vegetativos e reprodutivos de *Campyloneurum nitidum*, *C. austrobrasilianum* e *Pecluma pectinatiformis* durante um ano, crescendo em borda artificial e interior de floresta com araucária;
- b) Realizar o levantamento mensal de fatores climáticos (temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, radiação fotossinteticamente ativa) e astronômico (fotoperíodo), no local das plantas monitoradas, durante o ano;
- c) Analisar a intensidade, a frequência e a sazonalidade das fenofases de cada espécie;
- d) Averiguar diferenças e semelhanças dos eventos fenológicos ocorrendo em borda artificial e interior florestal;
- e) Verificar as relações entre os eventos fenológicos e as variáveis macroambientais e microambientais;
- f) Formular modelos estatísticos que descrevam as fenofases com relação as variáveis macroambientais: temperatura, precipitação e fotoperíodo; e microambientais: temperatura, precipitação, umidade relativa do ar e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) de cada área;
- g) Implementar a abordagem Bayesiana e comparar com a Frequentista.

Para o cumprimento de todos os objetivos foi definido como local, uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável (UCUS) na qual houve o monitoramento de três espécies de samambaias para aplicação das análises estatísticas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local de estudo

O trabalho foi realizado na Floresta Nacional (FLONA), no município de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, durante o período de abril de 2016 até abril de 2017. Essa unidade possui 1.606ha, caracterizada pelos Campos de Cima da Serra (Estepe) e pelas Florestas com Araucária (Floresta Ombrófila Mista). A unidade possui formações nativas e plantações de espécies exóticas e autóctones (BACKES et al., 2005), apresentando também silvicultura.

A região é uma das mais úmidas do Estado, com pluviosidade superior a 2.000mm e com temperatura média anual de aproximadamente 14,5°C (FLONA, 2017). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo subtropical úmido (Cfa), caracterizado por chuvas bem distribuídas ao longo do ano (PEEL et al., 2007).

Para as variáveis macroambientais (válidas para todo o local), durante o período de estudo a menor média de temperatura foi em junho (7,4°C) e a maior em fevereiro (20,4°C). Junho foi o mês em que menos choveu, com um acúmulo de apenas 17,7mm; e, dezembro foi o mês mais chuvoso, com 354,1mm de chuva acumulada. A precipitação acumulada total nos 13 meses de estudo foi de 2.115,1mm (Figura 1). Esses dados climáticos foram obtidos da estação meteorológica móvel (Davis Vantage, modelo Vantage Pro 2, sem fio) instalada na UCUS. O fotoperíodo mensal extraído do Observatório Nacional (ON), por meio do Anuário Interativo do Observatório Nacional (2016), variou de 10,14 a 13,48 horas de luz, durante o período.

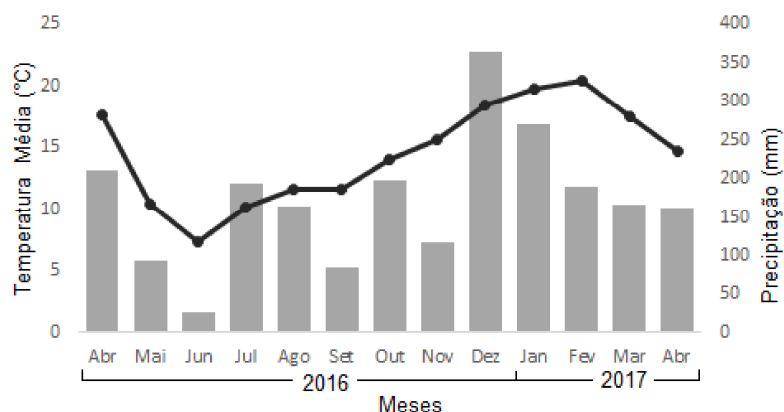


Figura 1 – Média de temperatura (linha) e precipitação acumulada (colunas), entre abril 2016 e abril 2017, na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul.

4.2 Material biológico

Foram selecionadas três espécies de samambaias epifíticas pertencentes à Polypodiaceae, nativas comuns na Floresta com Araucária. *Campyloneurum austrobrasilianum* (Figura 2A) possui rizoma curto - reptante, lâmina com menos de 1,3cm de largura, sem nervuras laterais principais, com pontuações brancas na face adaxial (SCHWARTSBURD; LABIAK, 2007). Soros pequenos numa linha mais ou menos tortuosa de cada lado da costa e equidistantes da mesma e da margem (LORSCHUITTER et al., 2005). A espécie ocorre na Bolívia (TROPICOS.ORG, 2017a) e no Brasil (Sudeste e Sul) (LABIAK; HIRAI, 2010).

Campyloneurum nitidum (Figura 2B) possui caule compacto e curto-reptante, com lâminas foliares grandes (VASQUES; PRADO, 2011), cartáceas, estreito-lanceoladas, ápice e base acuminados a atenuados com escamas arredondadas sobre o caule. Soros em três a cinco fileiras entre a costa e a margem da lâmina (ROLIM; SALINO, 2008). Sua distribuição inclui a Argentina, o Paraguai, o Uruguai e o Brasil (Norte, Nordeste, Sudeste e Sul) (LABIAK; HIRAI, 2010).

Pecluma pectinatiformis (Figura 2C) possui rizoma curto a longo-reptante e escamas linear-triangulares agrupadas em tufos. Lâmina de 10 – 60cm de comprimento, segmentos perpendiculares à raque, profundamente deflexos ou reduzidos a aurículas na base. Soros de disposição supramediais a submarginais (ATHAYDE FILHO; WINDISCH, 2003). A espécie nativa ocorre na Argentina, no Paraguai e nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil (TROPICOS.ORG, 2017b).

Os materiais testemunhos das identificações estão depositados no Herbarium Anchieta – PACA, localizado na Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos - em São Leopoldo, RS.

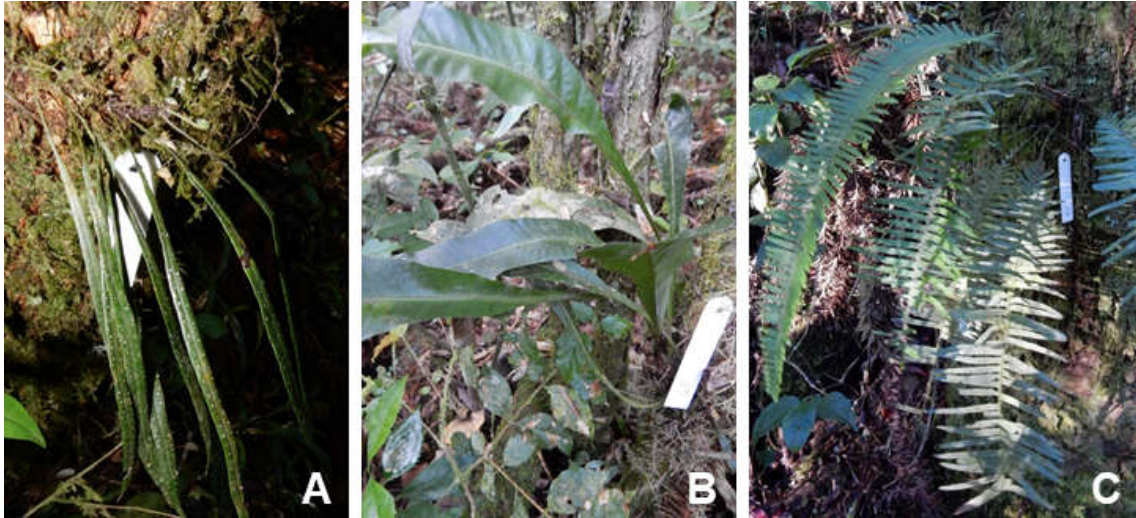


Figura 2 – Samambaias epifíticas na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. A- *Campyloneurum austrobrasilianum*, B- *Campyloneurum nitidum* e C- *Pecluma pectinatiformis*

4.3 Demarcação das unidades amostrais, seleção e marcação dos indivíduos

Em um fragmento de Floresta com Araucária ($29^{\circ}25'22,4''\text{S}$; $50^{\circ}23'11,2''\text{O}$), foram selecionadas duas áreas, uma com borda ($29^{\circ}25'28,1''\text{S}$; $50^{\circ}24'05,4''\text{O}$, 860m) de origem artificial limitada pela abertura de uma estrada e, outra no interior florestal ($29^{\circ}25'24,2''\text{S}$; $50^{\circ}24'04,2''\text{O}$, 871m) à uma distância de 100m da borda (Figura 3). Foram demarcados dois transectos de 250m x 10m nas duas áreas e os indivíduos foram selecionados pelo método de transecção ao acaso (D'EÇA-NEVES; MORELLATO, 2004). Dentro de cada unidade amostral, foram selecionados os espécimes que estavam sob árvores (forófitos) com diâmetro à altura do peito $\geq 10\text{cm}$, de até no máximo 3m de altura. Esses indivíduos foram marcados com fita plástica, segundo a ordem de aparecimento e escolhidos conforme a sua abundância na floresta. A amostragem foi de 60 indivíduos — 30 na borda e 30 no interior florestal, sendo 10 de cada espécie por área, observando-se o tamanho mínimo da amostra (MORELLATO et al., 2010a).

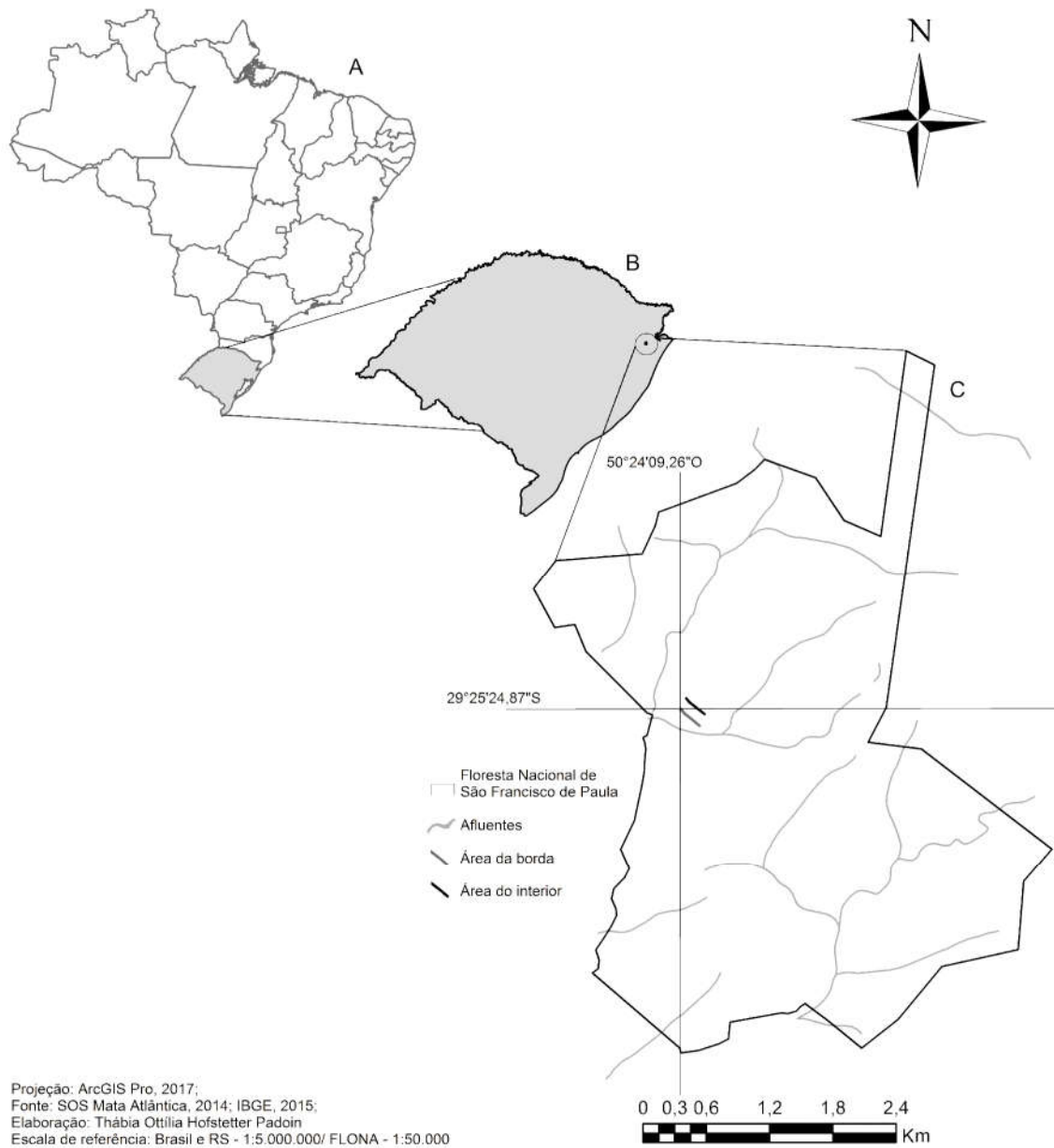


Figura 3 – Localização da área de estudo. A-Localização do Rio Grande do Sul no Brasil, B-Localização da FLONA no Rio Grande do Sul e C-Localização da borda e do interior florestal na FLONA.

4.4 Monitoramento fenológico

As fenofases observadas foram a renovação foliar, morte foliar e formação de esporângios (Figura 4). No período de maio de 2016 até abril de 2017, ocorreu a contagem das folhas em suas devidas fenofases, para cada indivíduo.



Figura 4 – Fenofases das três espécies. 1-*Campyloneurum austrobrasilianum*, 2-*Campyloneurum nitidum* e 3-*Pecluma pectinatiformis*. A-Renovação foliar, B-Formação de esporângios e C-Morte foliar.

4.5 Monitoramento das variáveis macroambientais

Os dados da estação meteorológica foram utilizados em meses cheios (do primeiro ao último dia do mês) para caracterizar o local, bem como para tabular os períodos de coleta. A primeira temperatura média e a precipitação acumulada foram calculadas do período de 20 de abril até 18 de maio de 2016. Esse processo se repetiu mês a mês, até abril de 2017. Da mesma forma, apurou-se a média de horas luz por dia (fotoperíodo) nos mesmos períodos de coleta. As variáveis fornecidas pela estação e pelo ON são consideradas como fatores ambientais gerais ou regionais, que definem o clima do local do estudo. Todas as plantas crescem sob a influência

dessas variáveis.

4.6 Monitoramento das variáveis microambientais

Considerou-se como variáveis microambientais os dados coletados mensalmente em campo, em cada uma das áreas (borda e interior). Cada variável foi observada a 1,5m de altura do solo, durante o período de abril de 2016 até abril de 2017.

Para coleta dos dados de precipitação foram instalados pluviômetros em cada uma das áreas. Eles são dotados de um frasco de polietileno contendo em sua abertura um funil, sobre um suporte de ferro. Um recipiente graduado foi utilizado para a medição, com o qual foi possível calcular os milímetros (mm) de chuva, por meio da área de captação do funil ($283,52\text{cm}^2$).

A temperatura e a umidade relativa do ar de cada área foram medidas a cada hora, durante o período de 6h consecutivas (9h às 14h). Para isso foi utilizado Termo-higro-anemômetro (Instrutherm, THAL-300). Para o registro da RFA, foi utilizado o equipamento especializado Line Quantum Sensor (LI-190), juntamente com o DataLogger (LI-1400) LI-COR. Foram realizadas cinco medições, durante cinco minutos por hora, das 9h até as 14h. A média das 30 medições foi utilizada para representar essa variável.

4.7 Análises estatísticas

O processo de análise estatística foi dividido em quatro tópicos: i) análise de intensidade, frequência e sazonalidade; ii) comparação entre as áreas: variáveis microambientais e fenofases; iii) relação entre as fenofases e as variáveis macro e microambientais; e, iv) análises dos tópicos (ii) e (iii) pela abordagem Frequentista. No tópico Discussão foi apresentada uma comparação entre as abordagens. Nos tópicos (ii) e (iii) foi aplicada a interação entre algumas variáveis ambientais. Esse termo normalmente relaciona algum tipo de interação causal entre dois fatores na produção de um efeito (GREENLAND, 2011), ou seja, a fenofase é influenciada (aumenta ou diminui) quando há a interação entre duas variáveis ambientais.

4.7.1 Análises de intensidade, frequência e sazonalidade

Para estimar a porcentagem de intensidade da fenofase nos indivíduos foi utilizado o método de Fournier et al. (1974), no qual os valores são obtidos por meio de uma escala de cinco categorias (0 a 4) com intervalos de 25% entre elas: zero indica a ausência da fenofase no indivíduo; 1, presença de 1% a 25%; 2, para 26% a 50% de presença; 3, de 51% a 75%; e 4, para presença da fenofase de 76% a 100%. Para o índice de atividade foi considerada a presença e a ausência das fenofases resultando em frequência relativa.

Para detectar a sazonalidade e comparar padrões fenológicos entre as áreas, foi aplicada a estatística circular (MORELLATO et al., 2010b) sobre a intensidade, por meio do software ORIANA® (KOVACH, 2009). O ano é representado por um círculo de 360°. A data máxima de cada fenofase de cada indivíduo é estimada, e a partir desse dado calcula-se a data média (μ), o comprimento vetor (r) (a concentração em torno do ângulo médio) e o desvio padrão circular da data máxima do pico (ZAR, 2014) para cada área. Para testar a significância dos ângulos médios, foi aplicado o teste Rayleigh (Z) e, se significativo, o padrão fenológico é considerado sazonal. Não há uma definição para a classificação da concentração dos indivíduos (r), por isso, esse estudo baseia-se no coeficiente de Pearson, no qual: $r = 0 \vdash 0,1$ (zero); $r = 0,1 \vdash 0,4$ (fraco); $r = 0,4 \vdash 0,7$ (moderado); $r = 0,7 \vdash 1$ (forte); e $r = 1$ (perfeito) (DANCEY; REIDY, 2006).

4.7.2 Comparação entre borda e interior

Na abordagem Bayesiana os parâmetros média e desvio padrão são desconhecidos Kruschke (2013), assim como na Frequentista. No entanto, a distinção entre as abordagens está na forma mais prática na qual o paradigma Bayesiano lida esse aspecto: atribuindo distribuições de probabilidade como métrica universal de incerteza (KINAS; ANDRADE, 2010). Dessa forma, são formuladas distribuições de possíveis valores para cada parâmetro (BEKMAN; COSTA NETO, 1980). Esse procedimento foi aplicado para cada uma das variáveis microambientais de cada área. A distinção entre as áreas é inferida a partir das diferenças entre as distribuições. Por exemplo, a distribuição de possíveis valores para a média de temperatura da borda é subtraída da distribuição de valores do interior. O mesmo processo ocorre para o desvio padrão.

O resultado é uma distribuição de valores para a média e outro para o desvio padrão que expressam a diferença entre as áreas para esses dois parâmetros. Quando o parâmetro é uma taxa, a diferença provém da razão entre a taxa de cada área. Os valores utilizados são os que compreendem o intervalo de maior densidade de 95% (HDI).

O HDI é um conceito Bayesiano, análogo ao intervalo de confiança de 95% (IC) da abordagem Frequentista. No entanto, existem três principais diferenças conceituais que retratam vantagens. Primeiro, os valores de HDI são interpretados diretamente nos valores da variável (i.e. °C, mm, %, $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) de interesse (θ). Em contraste o IC não possui relação direta com a variável θ (KRUSCHKE, 2010). Enquanto o IC indica a probabilidade de cobertura de θ pelo intervalo calculado a partir dos dados, o HDI representa a faixa dos 95% mais prováveis valores do parâmetro (sendo estimado), à luz das informações contidas nos dados (KINAS; ANDRADE, 2010).

A segunda vantagem é que o HDI não depende da maneira com a qual os dados são coletados, ou seja, a probabilidade não é induzida pelas intenções do pesquisador (princípio de verossimilhança) (KRUSCHKE, 2010). Em terceiro lugar, para o autor, na abordagem Bayesiana o conhecimento científico *a priori* pode ser considerado, não excluindo a opinião do

pesquisador. Ao contrário, na Frequentista o conhecimento da comunidade científica é ignorado. Contudo, o presente trabalho não atribuiu valores *a priori*.

Essa possibilidade de expressar incertezas diretamente sobre a variável de interesse é a característica central da abordagem Bayesiana. Na estrutura Frequentista não é possível fazer afirmações probabilísticas sobre um parâmetro, pois ele é uma constante (KINAS; ANDRADE, 2010).

Nas análises aplicadas o parecer final é dado pelo efeito total da diferença, que consolida as distinções de HDI da média e do desvio padrão. Como critério de interpretação foi utilizado o Fator de Bayes sugerido por Jeffreys (1961), conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Fator de Bayes (JEFFREYS, 1961)

Fator de Bayes	Evidência contra H_0 (hipótese nula)
1, 0 \vdash 3, 2	Fraca (*)
3, 2 \vdash 10, 0	Substancial (**)
10 \vdash 100, 0	Forte (***)
100 \vdash ∞	Decisiva (****)

A apuração do fator de Bayes foi realizada a partir da divisão da maior probabilidade pela menor probabilidade. Por exemplo, na Figura 5 o percentual 93,3% denota a probabilidade 0,933 para um efeito positivo (> 0) enquanto 6,7% denota probabilidade 0,067 para um efeito negativo (≤ 0). O fator de Bayes igual a 13,92 (Tabela 1) indica que o efeito positivo é $\cong 14$ vezes mais plausível que o negativo. O que, pela Tabela 1 representa "Forte evidência" contra a hipótese de efeito negativo.

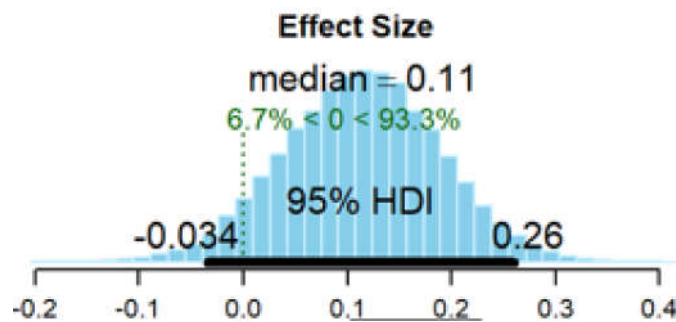


Figura 5 – Exemplo da saída gráfica sobre diferença entre áreas para apurar o fator de Bayes.

Nos procedimentos Frequentistas o critério equivalente é o *p-value*, com o qual expressa-se a existência de diferenças significativas quando seu valor é $\leq 0,05$. Contudo, existem sérias críticas sobre a fragilidade dessa abordagem, como relatado por Nuzzo (2014).

4.7.2.1 Comparação entre borda e interior: variáveis microambientais

Para efetuar a comparação entre as áreas relacionadas às variáveis microambientais foi aplicado o método proposto por [Kruschke \(2013\)](#). A execução do método ocorreu por meio dos pacotes R "BEST" ([KRUSCHKE; MEREDITH, 2017](#)) e "BayesianFirstAid" ([BÅÅTH, 2013](#)).

O R é uma linguagem de programação e ambiente estatístico gratuito que tem sido amplamente utilizada por pesquisadores das mais diversas áreas da ciência ([R CORE TEAM, 2017](#)). Os métodos estatísticos Bayesianos, aplicados nas análises do presente estudo, estão disponíveis em pacotes de funções implementados em R, pelos seus próprios autores. Essa característica tem sido um diferencial em prol do uso do R, pois viabiliza e dissemina novos métodos de análise. O R também possui distinções paralelas à oficial ([R CORE TEAM, 2017](#)), que em geral oferecem performance otimizada. Para as análises Bayesianas e Frequentistas (comparativas) foi utilizada a distribuição da [Microsoft \(2017\)](#) R Open 3.4.2.

As variáveis microambientais são compostas de valores contínuos. Com isso, a comparação pode utilizar os valores reais para identificar diferenças entre as médias de cada área ([MCCARTHY, 2007](#)). O processo Bayesiano utilizado foi a comparação entre as distribuições de médias e desvios padrões de cada área *a posteriori*.

Também foram feitas comparações entre as áreas para as interações das variáveis: umidade do ar com precipitação, umidade do ar com temperatura e RFA com temperatura. Nesse procedimento as unidades foram padronizadas em z para que ficassem na mesma escala ([Equação 4.1](#)).

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S} \quad (4.1)$$

Sendo:

z_i Valor padronizado em unidades de desvio padrão;

x_i Valor do dado bruto;

\bar{x} Média dos dados brutos da variável;

S Desvio padrão dos dados brutos da variável.

4.7.2.2 Comparação entre borda e interior: fenofases

Para efetuar a comparação entre as áreas relacionadas às fenofases foi utilizado o método proposto por [Kruschke \(2010\)](#). O procedimento ocorreu por meio do pacote R "BayesianFirstAid" ([BÅÅTH, 2013](#)).

A comparação entre as áreas, com relação a renovação foliar, formação de esporângios e morte foliar levou em consideração a contagem do número de folhas que estavam em cada fenofase. Apurando a relação entre esse número de folhas e o total de folhas foi possível calcular

a taxa média de folhas de cada fenofase para cada área. O procedimento Bayesiano aplicado foi a comparação entre as distribuições de taxas médias *a posteriori*, de cada área.

4.7.3 Relação entre as fenofases e as variáveis macro e microambientais

Para examinar a importância das variáveis ambientais sob as respostas fenológicas foram construídos modelos de Regressão de Poisson Bayesiana. Foi implementado um modelo para cada espécie, fenofase e área (Figura 6). Com isso, foi possível identificar a relação entre as fenofases e as variáveis macro e microambientais.

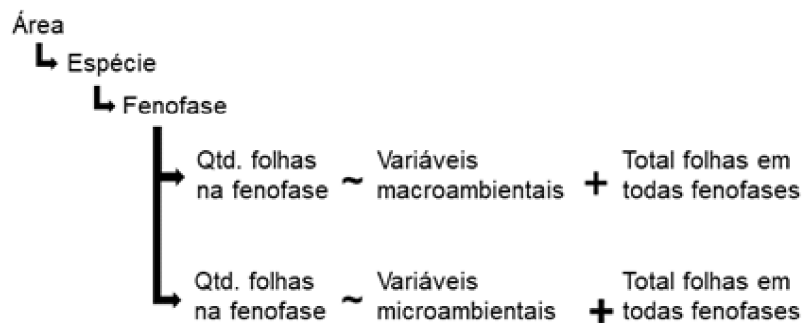


Figura 6 – Esquema do modelo de Regressão de Poisson Bayesiano implementado para modelar a relação entre uma variável dependente com outras variáveis explicativas.

A Regressão de Poisson é um método de análise de regressão utilizado para modelar a relação entre uma variável dependente, proveniente de uma contagem, com outras variáveis explicativas (DEY et al., 2000). Os modelos propostos utilizaram, como variáveis dependentes, as contagens de números de folhas de cada fenofase. Para analisar os efeitos das variáveis macro e microambientais foram criados modelos separados. A última variável explicativa, adicionada em todos os modelos, foi o somatório de folhas de todas as fenofases. Esse último elemento tem função balizadora.

As variáveis macroambientais e a precipitação das áreas foram analisadas por períodos de coleta. As outras variáveis microambientais, temperatura, umidade relativa do ar e RFA de cada área, bem como a interação entre temperatura com RFA, temperatura com fotoperíodo, umidade do ar com precipitação e umidade do ar com temperatura foram utilizadas em tempo de atraso de um mês. Todas variáveis foram padronizadas em z (Equação 4.1).

Modelos Lineares Generalizados, como a Regressão de Poisson Frequentista ou Bayesiana, não expressam o poder de explicação do modelo por meio do tradicional R^2 . Para obter essa métrica, na abordagem Frequentista foi utilizado o R^2 de Nagelkerke (1991) por meio do pacote R de Nakazawa (2017). No procedimento Bayesiano o R^2 foi obtido aplicando a proposta de Gelman et al. (2017).

4.7.4 Estatística Frequentista

Para comparação entre as duas abordagens estatísticas a inferência Frequentista também foi aplicada aos dados.

Primeiramente, a normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk, em nível de significância de 5%. Para comparar as diferenças das fenofases (renovação foliar, formação de esporângios e morte foliar) entre as áreas, o teste de t para amostras independentes foi utilizado. Para tal, a média das folhas em cada fenofase foi utilizada. A comparação entre borda e interior para as variáveis microambientais seguiu o mesmo critério de avaliação, utilizando-se das médias de cada variável.

Para examinar a importância das variáveis ambientais sob as respostas fenológicas foi utilizado o teste de Regressão de Poisson para criar os modelos estatísticos. Essa análise gerou modelos estatísticos que explicam quais são as variáveis que mais interferem em cada fenofase de cada espécie. As variáveis ambientais e microambientais foram utilizadas da mesma forma que nas análises Bayesianas.

5 RESULTADOS

5.1 Intensidade, frequência e sazonalidade

Com a tentativa de padronizar as análises aplicadas na fenologia, Fournier et al. (1974) criou a metodologia de intensidade e frequência. Essas análises tem o objetivo de verificar o quanto dos indivíduos está em uma fenofase (frequência) e qual a intensidade desses eventos em cada amostra. A sazonalidade foi abordada por Zar (2014), e é utilizada para definir se algum evento fenológico tem alguma data específica para que ocorra. Essas análises foram aplicadas para cada uma das três espécies.

5.1.1 *Campyloneurum austrobrasilianum*

5.1.1.1 Renovação foliar

A frequência de renovação foliar nos indivíduos de *C. austrobrasilianum* na borda variou de 9% a 55% de maio de 2016 a março de 2017, sendo agosto o período em que os indivíduos mais manifestaram essa fenofase. Em contrapartida, janeiro foi o mês no qual eles apresentaram a maior intensidade (16%), variando de 2% a 14% nos outros meses. No interior, os indivíduos apresentaram 55% de frequência nos meses de setembro, dezembro e janeiro; ocorrendo uma variação de 9% a 45% nos outros meses, não ocorrendo somente em junho. A intensidade variou de 2% a 18% (dezembro) (Figura 7A). Essa fenofase não se manifestou em abril nos indivíduos situados na borda, e, em junho para os indivíduos do interior.

Os indivíduos na borda apresentaram sazonalidade de renovação foliar, com data média (μ) na segunda quinzena de novembro. No interior, a sazonalidade ocorreu na primeira quinzena de dezembro. Os indivíduos de ambas as áreas tiveram fracas concentrações (r) em torno das datas médias (Tabela 2).

5.1.1.2 Formação de esporângios

Somente 9% dos indivíduos manifestaram a fenofase de formação de esporângios em ambas as áreas. Na borda ocorreu somente no período de novembro. No interior a fenofase se manifestou em agosto, novembro e janeiro. A intensidade dessa fenofase foi baixa, sendo identificado somente 2% em todos os meses de manifestação (Figura 7B). Não foi constatada sazonalidade para os indivíduos dessa fenofase (Tabela 2).

5.1.1.3 Morte foliar

Os indivíduos de *C. austrobrasilianum* apresentaram morte foliar durante todos os meses, na borda. Para o interior, a morte foliar não se manifestou nos indivíduos somente em

setembro.

As frequências dos indivíduos presentes na borda variaram de 9% a 64%, com intensidade da fenofase oscilando de 2% a 16%, com seus maiores registros em maio e dezembro. Indivíduos observados no interior tiveram frequência variando de 9% a 55%. A intensidade nessa área oscilou da mesma forma que na borda (2% a 16%). O maior registro de frequência e intensidade no interior foi em maio (Figura 7C).

Foi evidenciada a sazonalidade dos indivíduos com fraca concentração (r) em torno da data média (μ) somente no interior, indicando a primeira quinzena de abril para uma maior possibilidade de ocorrência desse evento (Tabela 2).

5.1.2 *Campyloneurum nitidum*

5.1.2.1 Renovação foliar

A renovação foliar foi similar para as duas áreas, estando presente na borda e no interior de agosto de 2016 até março de 2017. O início da fenofase foi distinto entre as áreas, sendo em maio para o interior e em junho para a borda.

A maior frequência de indivíduos na borda foi de 45% em setembro, oscilando nos outros meses de 9% a 36%. A intensidade da fenofase nessa área variou de 2% a 25%, sendo também em setembro a maior intensidade. No interior, os picos aconteceram em janeiro, com frequência de 64% dos indivíduos e 30% de intensidade da fenofase (Figura 7D).

A sazonalidade da renovação foliar apresentou concentração de indivíduos (r) moderada nas duas áreas, com data média (μ) no início de novembro na borda e durante dezembro no interior (Tabela 2).

5.1.2.2 Formação de esporângios

Na borda, a formação de esporângios ocorreu de maio a outubro de 2016 e em abril de 2017. O maior registro de frequência de indivíduos (27%) foi em abril, com variações de 9% e 18% nos outros meses. A intensidade da fenofase esteve entre 2% e 11%, com seu maior registro também em abril. No interior, a formação de esporângios ocorreu somente no período de maio e agosto. Com frequência de 9% e intensidade de somente 2% (Figura 7E).

A sazonalidade da espécie para a fenofase teve data média (μ) no início de julho, com concentração de indivíduos (r) moderada identificada somente na borda (Tabela 2).

5.1.2.3 Morte foliar

As frequências dos indivíduos, apresentando morte foliar na borda, variaram de 9% a 55% na borda, com maior percentual em março (55%). Na mesma área, as intensidades da fenofase oscilaram de 2% a 14% (Figura 7F), com maiores registros em agosto e março. Os

indivíduos da borda não apresentaram folhas mortas em setembro e outubro. As plantas do interior apresentaram a morte foliar oscilando nos mesmos valores de frequência da borda (9% a 55%), com registros altos em fevereiro e abril. As intensidades dessa área foram um pouco maiores, variando de 2% até 18%, com maior registro em fevereiro.

Os índices de concentrações de indivíduos (r), nessa fenofase, foram baixos para as duas áreas, sendo que a data média (μ) do evento na borda situou-se em março e no interior em fevereiro (Tabela 2).

5.1.3 *Pecluma pectinatiformis*

5.1.3.1 Renovação foliar

A fenofase de renovação foliar de *P. pectinatiformis* ocorreu de junho de 2016 a março de 2017. Novembro foi o mês em que os indivíduos situados na borda se apresentaram com maior frequência nessa fenofase (55%), variando no restante dos meses de 9% a 45%. Os registros de intensidade oscilaram de 2% a 36%, com maior registro em outubro. A renovação foliar dos indivíduos na borda não ocorreu somente em maio e abril.

No interior, essa fenofase se manifestou de agosto a novembro e de janeiro a abril. Novembro também foi o mês em que a renovação foliar dos indivíduos se apresentou em maior quantidade (67%), variando no restante dos meses de 22% a 44%. A renovação foliar não ocorreu em dezembro e de maio a julho. As intensidades da fenofase tiveram oscilações de 8% e 33% e o maior valor foi em novembro (33%) (Figura 7G).

Final de outubro foi a data média (μ) em que os indivíduos da borda com renovação foliar se apresentaram de forma moderada mais concentrados (r). No interior a data média (μ) ocorreu na primeira quinzena de dezembro (Tabela 2).

5.1.3.2 Formação de esporângios

A formação dos esporângios dos indivíduos na borda iniciou em julho e ocorreu até setembro, quando houve uma interrupção em outubro, voltando a ocorrer novembro e dezembro, e reaparecendo nos três últimos meses. As frequências dos indivíduos nessa fenofase variaram de 9% até 27%, com os maiores registros em agosto, setembro e março. As intensidades da fenofase oscilaram de 2% a 18% e seus maiores registros foram em setembro e março.

No interior, essa fenofase ocorreu com intervalo maior, sendo observada de agosto até novembro, com novas incidências somente em abril. Os indivíduos do interior apresentaram frequências de 11% para os cinco meses em que a fenofase se manifestou nos indivíduos. As intensidades foram menores no interior em comparação com a borda, variando de 3% a 6%, com os valores maiores de agosto a outubro (Figura 7H).

Para a formação de esporângios, os indivíduos dessa espécie apresentaram sazonalidade somente no interior. Com forte concentração de indivíduos (r), a data média (μ) para sua

ocorrência foi no final de setembro (Tabela 2).

5.1.3.3 Morte foliar

A morte foliar dos indivíduos localizados na borda foi de julho até abril. Nessa área, a frequência dos indivíduos manifestando essa fenofase foi de 9% a 36%, com registros maiores em agosto, setembro e abril. As intensidades oscilaram de 2% a 16%, sendo seu maior registro em julho.

No interior, os indivíduos manifestaram essa fenofase com frequências variando de 11% a 33%, com altos registros em dezembro e janeiro. As intensidades da fase de morte foliar foram de 3% a 11%, sendo seu maior registro em maio, julho, outubro, novembro e janeiro (Figura 7I). Para as plantas dessa espécie, no interior, a fenofase não se manifestou em agosto.

A fenofase de morte foliar que ocorreu nos indivíduos da borda apresentou baixa concentração de indivíduos (r) em data média (μ), situando-se no início de setembro (Tabela 2).

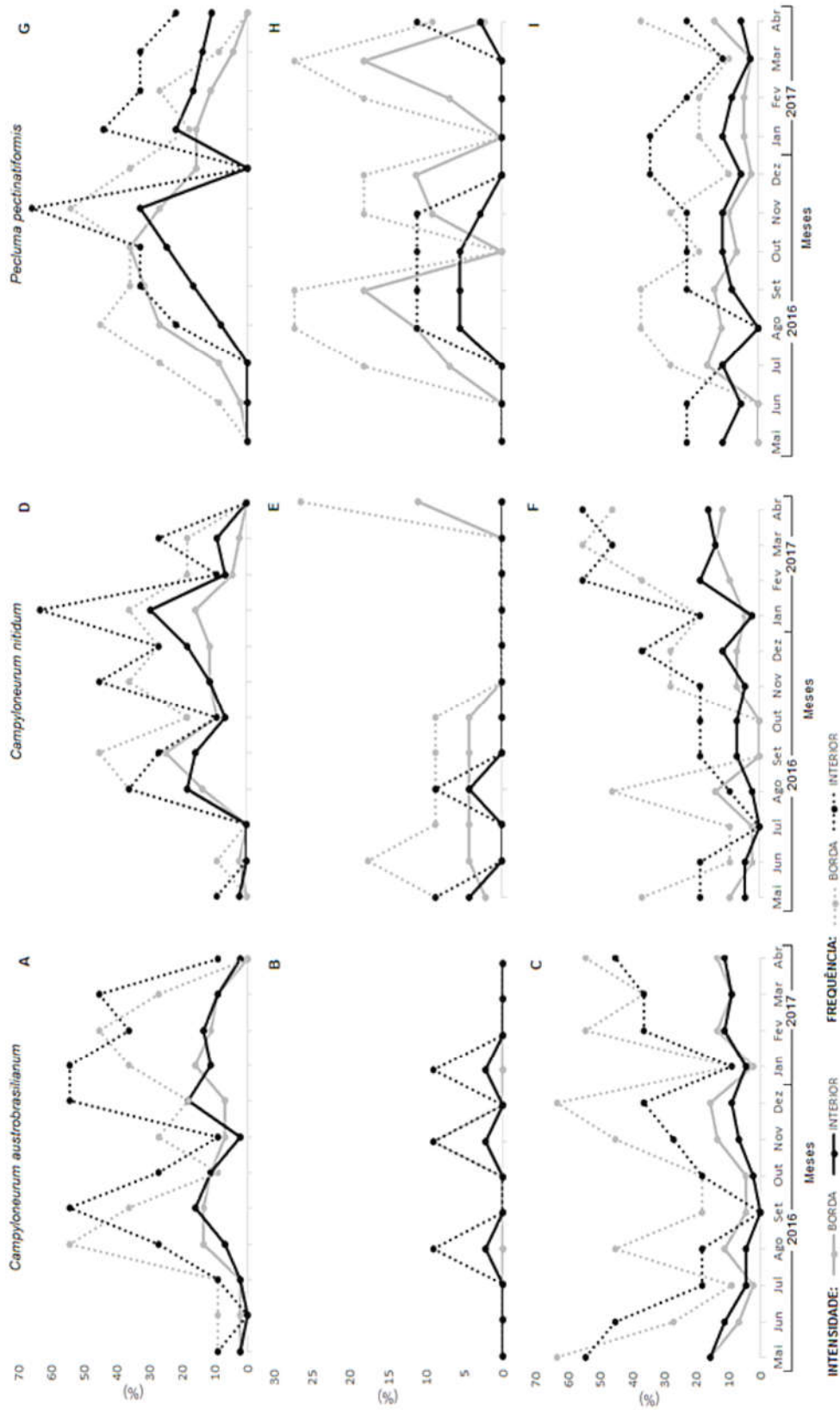


Figura 7 – Intensidade e frequência das fenofases de cada uma das três espécies de samambaias epifíticas em borda e interior florestal entre maio de 2016 e abril de 2017, Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. Renovação foliar (A, D, G), formação de esporângios (B, E, H) e morte foliar (C, F, I).

Tabela 2 – Resultados dos testes de análise de estatística circular para ocorrência da sazonalidade nos eventos fenológicos de *Campyloneurum austrobrasilianum*, *Campyloneurum nitidum* e *Pecluma pectinatiformis* em borda e interior florestal, entre maio de 2016 e abril de 2017, Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.

<i>Campyloneurum austrobrasilianum</i>						
	Renovação foliar		Formação esporângios		Morte foliar	
	Borda	Interior	Borda	Interior	Borda	Interior
Ângulo médio (μ)	188,896°	206,768°	x	x	282,081°	322,989°
Data média	25 Nov.	13 Dez.	x	x		9 Abr.
Desvio padrão circular	86,912°	79,78°	x	x	110,883°	86,599°
Comprimento do vetor médio (r)	0,316	0,379	x	x	0,154	0,319
Teste de Rayleigh (p)	<0,001	<0,001	x	x	0,066	<0,001
<i>Campyloneurum nitidum</i>						
	Renovação foliar		Formação esporângios		Morte foliar	
	Borda	Interior	Borda	Interior	Borda	Interior
Ângulo médio (μ)	166,663°	200,062	51,946°	x	304,706°	280,149°
Data média	2 Nov.	6 Dez.	9 Jul.	x	22 Mar.	25 Fev.
Desvio padrão circular	65,542°	72,424°	73,415°	x	92,062°	82,274°
Comprimento do vetor médio (r)	0,52	0,45	0,44	x	0,275	0,357
Teste de Rayleigh (p)	<0,001	<0,001	<0,001	x	<0,05	<0,001
<i>Pecluma pectinatiformis</i>						
	Renovação foliar		Formação esporângios		Morte foliar	
	Borda	Interior	Borda	Interior	Borda	Interior
Ângulo médio (μ)	158,921°	203,179°	171,462°	130,158°	110,058°	204,813°
Data média	26 Out.	9 Dez.		26 Set.	6 Set.	
Desvio padrão circular	62,919°	74,179°	106,788°	54,962°	95,341°	126,029°
Comprimento do vetor médio (r)	0,547	0,433	0,176	0,631	0,25	0,089
Teste de Rayleigh (p)	<0,001	<0,001	0,076	<0,001	<0,05	0,483

5.2 Comparação entre borda e interior

O procedimento para demonstrar as diferenças entre borda e interior foi dividido em três seções: análises descritivas, análises Bayesianas para comparação das variáveis microambientais entre borda e interior e análises Bayesianas para comparação das fenofases entre borda e interior. A seção de variáveis microambientais possui uma subseção para cada uma de suas variáveis e interações, trazendo o efeito de borda para cada uma delas. A seção seguinte é agrupada por espécies e subdivida por fenofase, demonstrando diferenças ou igualdades entre as áreas.

5.2.1 Análises descritivas

A precipitação, de cada área, acumulada no período de 18/05 a 21/06 tiveram seus menores registros na borda (34,9mm) e no interior (15,2mm). No período de mais chuva (06/12/16 a 13/01/17) a borda e o interior tiveram no mínimo 229,3mm (Figura 8). A menor temperatura das áreas foi registrada em junho, tanto na borda (10,8°C) quanto no interior (10,5°C) florestal. Já o mês mais quente foi em fevereiro, registrando 25,8°C para borda e 26,4°C para o interior (Figura 9B). O menor registro de umidade do ar foi em dezembro, com

54% na borda e 58% no interior. A umidade relativa do ar mais elevada ocorreu em outubro, de 91% para ambas as áreas (Figura 9B). A radiação fotossinteticamente ativa teve a maior média em setembro, com $42,25\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ na borda em comparação com $20,38\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no interior. A menor média foi em maio/16, com $6,07\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ na borda e $2,51\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no interior (Figura 9A).

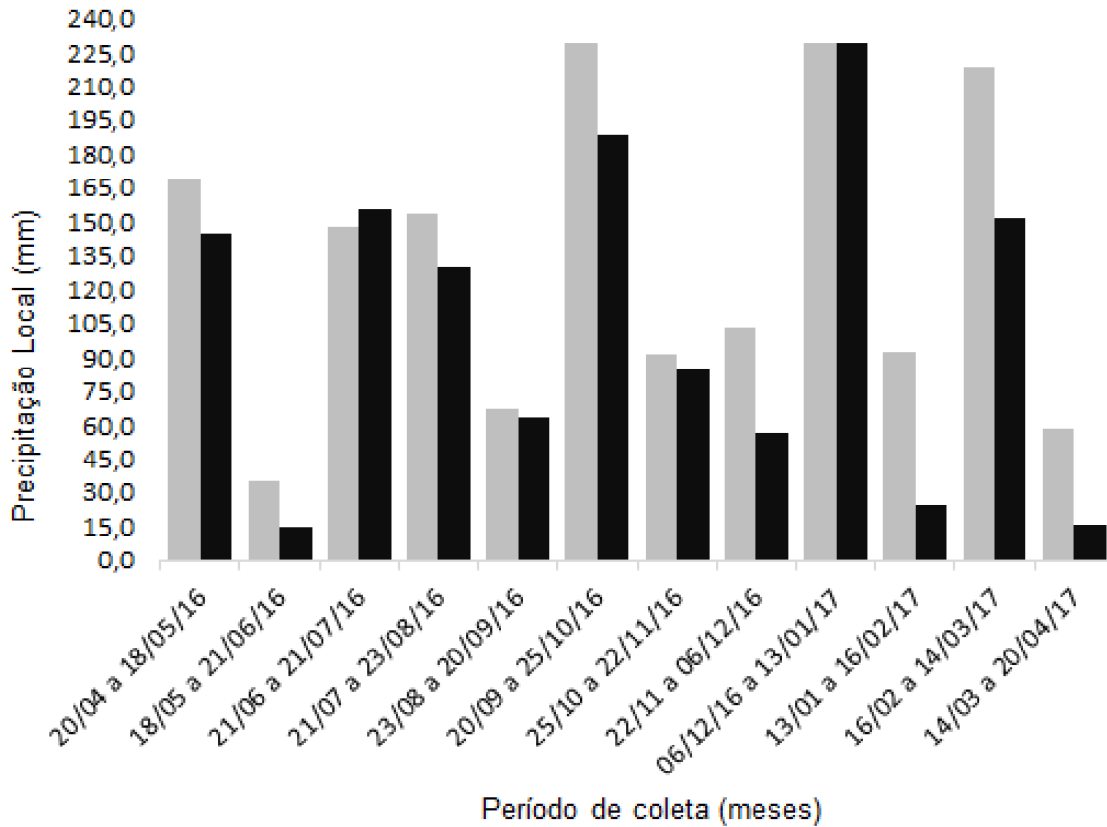


Figura 8 – Precipitação acumulada da borda (colunas cinzas) e do interior (colunas pretas) coletados por período de coleta na área de estudo da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.

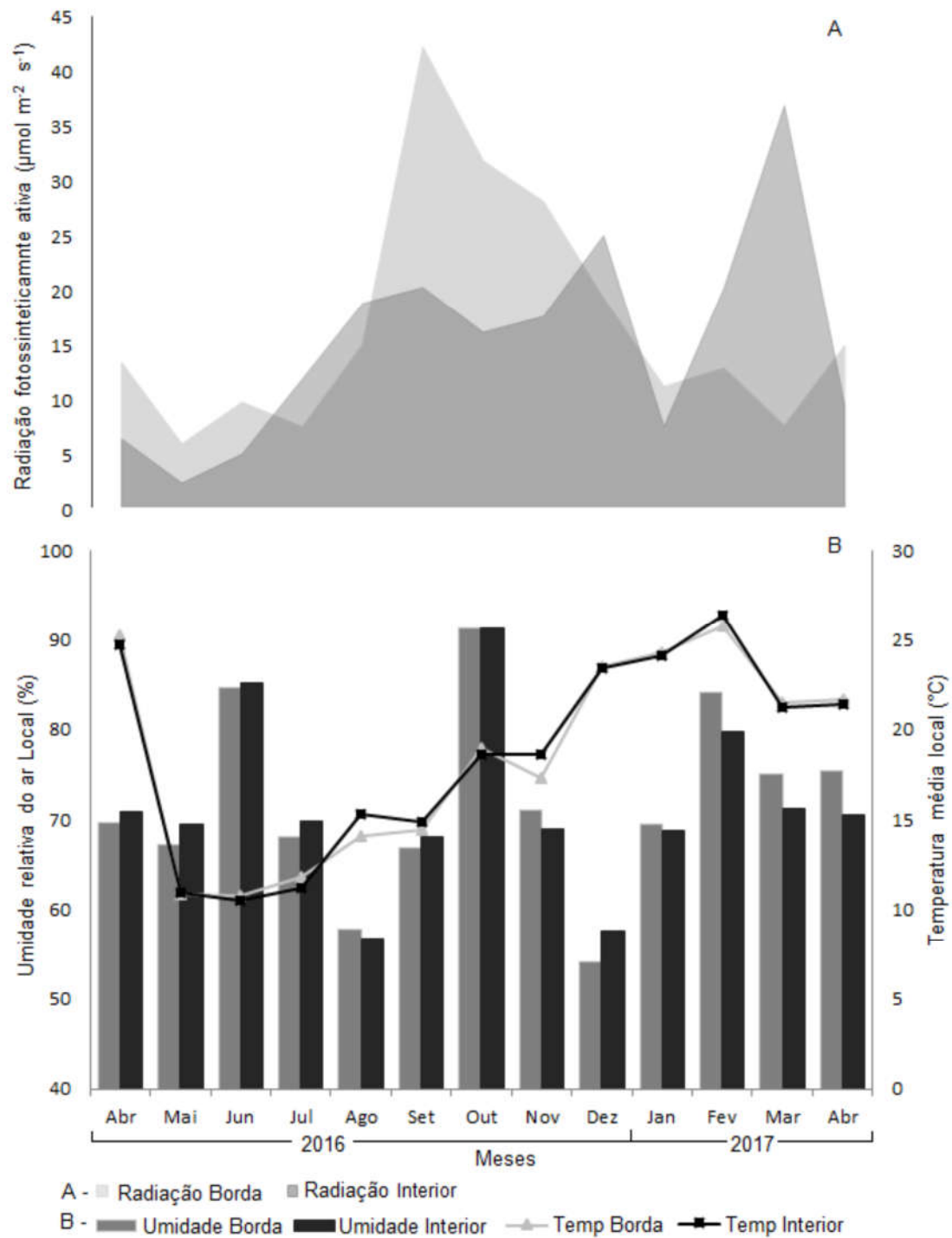


Figura 9 – Variáveis microambientais. A - Radiação fotossinteticamente ativa. B - Umidade relativa do ar e temperatura média coletados no período de abril de 2016 até abril de 2017 na borda e interior da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.

5.2.2 Análises Bayesianas para comparação das variáveis microambientais entre borda e interior

5.2.2.1 Temperatura na borda e no interior

Foram verificadas evidências fracas na diferença da temperatura quando comparada entre as áreas, ocorrendo semelhança entre a borda e o interior de 60,7%. A estimativa mediana foi 0,11°C a mais no interior (18,21°C borda e 18,32°C interior). A distinção entre os desvios padrões foi pouco representativa, variando 0,03°C a mais na borda (5,53°C na borda e 5,50°C no interior) (Tabela 3; Apêndice Figura 11). Ou seja, a diferença entre as áreas foi mínima, com o interior se apresentando minimamente mais quente que a borda. Contudo, a borda teve mais variações/oscilações em suas temperaturas.

5.2.2.2 Umidade do ar na borda e no interior

O mesmo padrão da variável anterior foi observado para a umidade do ar; ou seja, há evidências fracas de diferenças entre as áreas. Os HDIs de medianas se sobrepõem em 40,9% dos casos, indicando em mediana que a borda possui somente 0,16% a mais de umidade do ar (71,55% na borda e 71,39% no interior). A diferença de desvios padrões indica que a borda tem uma leve variação a mais que o interior, com 0,80% (10,26% na borda e 9,43% no interior) (Tabela 3; Apêndice Figura 12). Para essa variável, a borda foi um pouco mais úmida e também apresentou mais variações ao longo dos meses que o interior.

5.2.2.3 Interação da temperatura com a umidade do ar na borda e no interior

Embora não haja evidências, fortes ou decisivas, que indiquem diferenças entre a umidade do ar e temperatura das áreas, a interação entre essas duas variáveis sinalizou que houve distinção entre as áreas. Nesse caso, os HDIs das estimativas para borda e interior não se sobrepõe, indicando que os dois parâmetros em questão muito provavelmente sejam distintos. Esse efeito apresentou maiores valores na borda (Tabela 3; Apêndice Figura 13). Assim, quando tratadas essas duas variáveis microambientais em interação, são verificados valores maiores na borda.

5.2.2.4 Precipitação na borda e no interior

Foram identificadas evidências decisivas sobre a diferença entre borda e interior relacionadas à precipitação, ocorrendo distinção entre os HDIs em 100% dos valores posteriores simulados. A borda apresentou em mediana 28mm a mais que o interior (133mm na borda e 105mm no interior). Houve também diferenças relacionadas à variabilidade das precipitações, com mediana de 2,639mm a mais no tamanho do desvio padrão para o interior (65,83mm na borda e 68,47mm no interior) (Tabela 3; Apêndice Figura 14). Assim, na borda choveu mais que no interior, porém, a variação dos milímetros foi maior no interior da floresta.

5.2.2.5 Interação da precipitação com a umidade do ar na borda e no interior

Diferente da comparação isolada da umidade do ar, na interação dessa variável com a precipitação foi identificada uma evidência decisiva na probabilidade de distinção entre as áreas. Esse efeito foi mais expressivo no interior (Tabela 3; Apêndice Figura 15).

5.2.2.6 RFA na borda e no interior

Em mediana a borda apresentou $1,118\mu\text{mol } m^{-2}s^{-1}$ a mais que o interior ($16,75\mu\text{mol } m^{-2}s^{-1}$ na borda e $15,638\mu\text{mol } m^{-2}s^{-1}$ no interior), sendo que houve semelhança entre as áreas de 6,7% das simulações. Sobre a variabilidade ($10,467\mu\text{mol } m^{-2}s^{-1}$ na borda e $9,088\mu\text{mol } m^{-2}s^{-1}$ no interior) houve uma diferença ($1,379\mu\text{mol } m^{-2}s^{-1}$) de 100% entre os HDIs.

Dessa forma, foi constatada uma forte evidência de que essa variável possui comportamentos diferentes para borda e interior (com diferença total de 93,3%) (Tabela 3; Apêndice Figura 16), onde a borda apresenta os maiores índices de radiação fotossinteticamente ativa.

5.2.2.7 Interação da RFA com a temperatura na borda e no interior

Na interação da temperatura com a RFA foram constatadas evidências decisivas na probabilidade das médias da borda e do interior serem diferentes. Com isso, quando a interação da temperatura com a radiação foi analisada, o interior apresentou os maiores valores (Tabela 3; Apêndice Figura 17).

Tabela 3 – Análises Bayesianas para comparação das variáveis microambientais entre borda e interior.

Abordagem Estatística	Temperatura (°C)		Umidade do Ar (%)		Precipitação (mm)		Radiação fotossinteticamente ativa ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	
	Borda	Interior	Borda	Interior	Borda	Interior	Borda	Interior
Mediana	18,000	18,000	72,000	71,000	133,000	105,000	17,000	16,000
Média	18,210	18,330	71,548	71,389	132,950	104,817	16,771	15,648
HDI da Média	17,659 ~ 18,768	17,762 ~ 18,894	70,511 ~ 72,565	70,414 ~ 72,405	26,526 ~ 139,659	97,773 ~ 111,778	15,564 ~ 17,920	14,662 ~ 16,616
Desvio Padrão	5,528	5,502	10,266	9,441	65,874	68,493	10,481	9,098
HDI do Desvio Padrão	5,147 ~ 5,919	5,115 ~ 5,913	9,512 ~ 11,006	8,720 ~ 10,159	61,308 ~ 70,482	63,713 ~ 73,705	9,535 ~ 11,390	8,301 ~ 9,871
Diferença entre Médias		-11,000		0,159		28,132		1,123
Bayesiana		-0,903 ~ 0,660		-1,223 ~ 1,615		18,621 ~ 37,899		-0,377 ~ 2,573
Diferença entre Desvios Padrões		0,025		0,824		-2,618		1,382
HDI da Diferença entre Desvios Padrões		-0,532 ~ 0,576		-0,184 ~ 1,852		-9,227 ~ 4,424		0,287 ~ 2,392
P(média >)		60,7%		41,4%		0,003%		6,900%
P(média <)		39,3%		58,6%		99,997%		93,100%
Fator de Bayes		1,545		1,415		33332,333		13,493
Parêcer		Fraca Evidência		Fraca Evidência		Evidência Decisiva		Evidência Forte

Abordagem Estatística	Interação entre Umidade do Ar (z) e Precipitação (z)		Interação entre Umidade do Ar (z) e Temperatura Local (z)		Interação entre RFA (z) e Temperatura Local (z)	
	Borda	Interior	Borda	Interior	Borda	Interior
Mediana	-0,012	0,170	0,220	0,091	0,004	0,330
Média	-0,012	0,172	0,217	0,091	0,004	0,874
HDI da Média	-0,087 ~ 0,064	0,122 ~ 0,227	0,162 ~ 0,272	0,053 ~ 0,128	-0,076 ~ 0,083	0,248 ~ 0,426
Desvio Padrão	0,599	0,402	0,422	0,290	0,802	0,874
HDI do Desvio Padrão	0,516 ~ 0,681	0,341 ~ 0,467	0,353 ~ 0,493	0,239 ~ 0,342	0,744 ~ 0,862	0,811 ~ 0,940
Diferença entre Médias		-0,184		0,126		-0,330
Bayesiana		-0,277 ~ -0,092		0,059 ~ 0,192		-0,449 ~ -0,211
Diferença entre Desvios Padrões		0,196		0,132		-0,072
HDI da Diferença entre Desvios Padrões		0,196 ~ 0,279		0,062 ~ 0,205		-0,157 ~ 0,013
P(média >)		0,003%		0,003%		0,003%
P(média <)		99,997%		99,997%		99,997%
Fator de Bayes		33332,333		33332,333		33332,333
Parêcer		Evidência Decisiva		Evidência Decisiva		Evidência Decisiva

5.2.3 Análises Bayesianas para comparação das fenofases entre borda e interior

A comparação entre borda e interior, de cada espécie em cada fenofase, fez uso da sobreposição dos HDIs das taxas foliares. Os resultados Bayesianos permitiram inferir a taxa mediana de folhas e o intervalo HDI de cada área. Com isso, foi possível aplicar a sobreposição e obter o grau de evidência sobre a distinção entre as áreas (Tabela 1). Também foi possível inferir a diferença entre o número de folhas em cada fenofase para borda e interior. No entanto, esses valores somente indicam o fator de Bayes da distinção, não correspondendo as quantidades reais de folhas encontradas em campo para cada fenofase.

5.2.3.1 *Campyloneurum austrobrasilianum*

5.2.3.1.1 Renovação foliar entre borda e interior

A taxa de renovação foliar teve mediana de 0,029 (HDI de 0,023 até 0,036) na borda e de 0,035 (HDI 0,026 até 0,044) no interior. A distinção entre as taxas das folhas em renovação foliar indica evidência substancial de diferença, sendo borda e interior 16,6% diferentes. Esse resultado corresponde a uma razão de chances de 0,834/0,166, o que equivale a uma folha em renovação foliar na borda para cada cinco no interior (Tabela 4; Apêndice Figura 18).

5.2.3.1.2 Formação de esporângios entre borda e interior

Foram apuradas evidências decisivas sobre a distinção entre borda e interior para essa fenofase. A taxa mediana de folhas em formação de esporângios foi de 0,0004 (HDI 7,7e-7 até 0,0016) na borda para 0,0066 (HDI de 0,0032 até 0,0110) no interior. A sobreposição das taxas foi menor do que 1%, o que corresponde a inferir que existe uma folha com formação de esporângios na borda para mais de 100 no interior (Tabela 4; Apêndice Figura 19). Ou seja, a ocorrência de folhas em formação de esporângios no interior é muito maior que na borda.

5.2.3.1.3 Morte foliar entre borda e interior

Foi identificada evidência substancial de diferença entre as áreas (84%). A taxa das folhas em fenofase de morte foliar para borda apresentou mediana de 0,028 (HDI 0,022 a 0,035) e 0,034 (HDI 0,025 a 0,042) no interior, os valores indicam uma razão de distinção entre as áreas de uma folha em morte foliar na borda para cada cinco no interior (Tabela 4; Apêndice Figura 20).

5.2.3.2 *Campyloneurum nitidum*

5.2.3.2.1 Renovação foliar entre borda e interior

A taxa mediana de folhas em renovação foliar foi de 0,040 (HDI 0,030 a 0,052) na borda para 0,065 (HDI 0,051 a 0,081) no interior. A distinção entre as taxas indica evidência

decisiva de diferença entre as áreas, com 99,7%. Correspondendo a uma razão mediana que foi de uma folha em renovação na borda para mais de 100 no interior (Tabela 4; Apêndice Figura 21).

5.2.3.2.2 Formação de esporângios entre borda e interior

As evidências foram fortes sobre a diferença dessa fenofase entre borda e interior, com 98,9% de distinção. A taxa mediana de folhas com formação de esporângios na borda foi de 0,015 (HDI 0,008 a 0,022) para 0,006 no interior (HDI 0,001 a 0,010). A razão mediana foi de mais de 100 folhas em formação de esporângios na borda para uma folha no interior (Tabela 4; Apêndice Figura 22).

5.2.3.2.3 Morte foliar entre borda e interior

A taxa mediana de folhas em morte foliar foi de 0,030 (HDI 0,021 a 0,040) na borda para 0,044 (HDI 0,032 a 0,057) no interior. A distinção entre as taxas medianas de folhas indica uma forte evidência da diferença entre as áreas, com 96,8% de distinção. A razão mediana foi de uma folha na borda para mais de 30 folhas no interior (Tabela 4; Apêndice Figura 23).

5.2.3.3 *Pecluma pectinatiformis*

5.2.3.3.1 Renovação foliar entre borda e interior

A taxa mediana de folhas em renovação foliar foi de 0,085 (HDI 0,065 a 0,11) na borda e 0,091 (HDI 0,065 a 0,11). A razão de distinção entre as áreas foi de aproximadamente duas folhas no interior para uma na borda, indicando uma fraca evidência na diferença entre borda e interior (35,7%) (Tabela 4; Apêndice Figura 24).

5.2.3.3.2 Formação de esporângios entre borda e interior

A diferença entre as áreas teve evidência decisiva para essa fenofase, com 100% de distinção. A taxa mediana de folhas em formação de esporângios na borda foi de 0,060 (HDI 0,043 a 0,079) e 0,015 (HDI 0,0058 a 0,028) no interior. A razão entre as áreas foi de mais de 100 folhas na borda nessa fenofase para uma no interior (Tabela 4; Apêndice Figura 25).

5.2.3.3.3 Morte foliar entre borda e interior

A morte foliar mostrou uma fraca evidência na diferença entre as áreas, com somente 27,8%, com taxas medianas de 0,040 (HDI 0,026 a 0,055) na borda e 0,047 (HDI 0,030 a 0,068) no interior. A razão entre as áreas foi de aproximadamente três folhas em morte foliar no interior para uma na borda (Tabela 4; Apêndice Figura 26).

5.2.4 Análises descritivas das variáveis macroambientais

A temperatura teve seu menor registro no período de 18/05 a 21/06/16 (7,4°C) e maior em 16/02 a 14/03/17 (20,0°C). O fotoperíodo teve seu menor registro de luz de 21/06 a 21/07/16 com 10,18h e maior em 06/12/16 a 13/01/17 com a média de 14,21h de luz ao dia. O menor registro de precipitação acumulada foi em 18/05 a 21/06/16 (34,8mm) e o maior em 06/12/16 a 13/01/17 com 520,2mm (Figura 10).

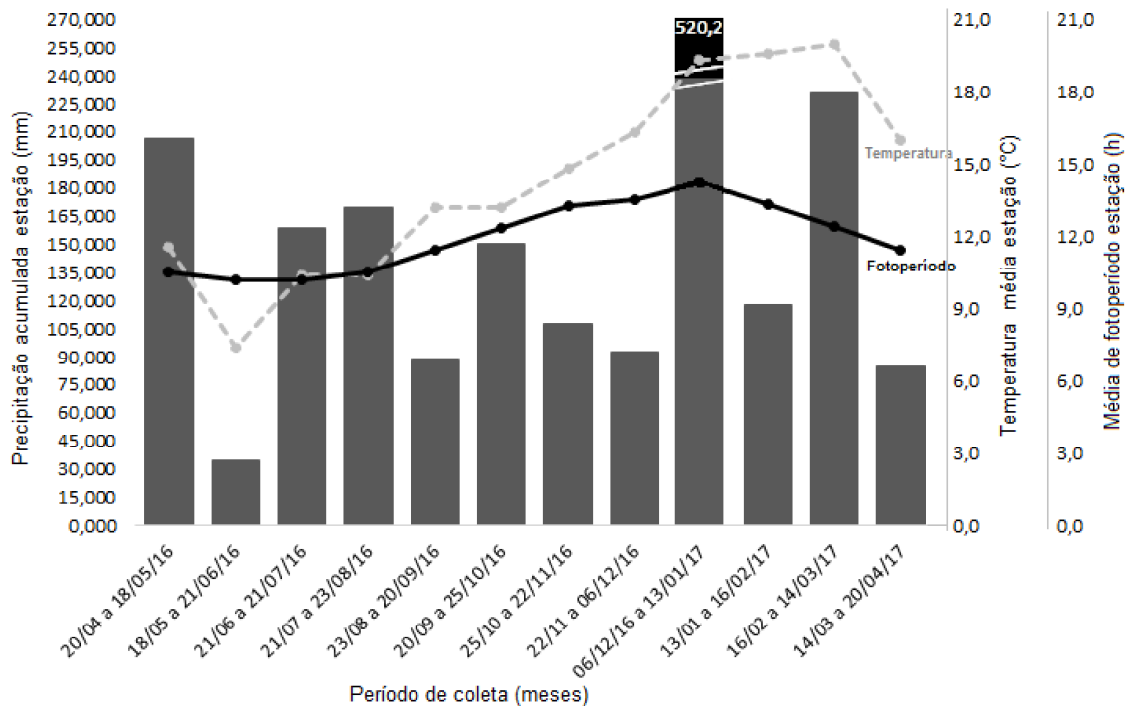


Figura 10 – Precipitação acumulada em colunas, temperatura média em linha pontilhada e média de fotoperíodo em linha contínua por períodos de coletada na estação meteorológica da Floresta Nacional de São Francisco de Paula,RS.

5.2.5 Modelos Bayesianos para relação das variáveis macro e microambientais com as fenofases

5.2.5.1 *Campyloneurum austrobrasilianum*

A variável macroambiental que mais influenciou na taxa média de folhas na renovação foliar foi o fotoperíodo, sendo que na borda houve evidências fortes sobre esse aspecto e no interior as evidências foram decisivas. Entre as variáveis microambientais, tanto na borda quanto no interior foram constatadas evidências decisivas da diminuição da umidade do ar para o aumento da taxa média das folhas nessa espécie (Tabela 5).

A taxa média de formação de esporângios dos indivíduos que estavam na borda foi influenciada pelo aumento do fotoperíodo, com evidências decisivas. A diminuição da temperatura também influenciou os indivíduos dessa área, da mesma forma que no interior,

com fortes evidências. Sobre as variáveis microambientais, ambas as áreas foram fortemente influenciadas pela umidade do ar, sendo que no interior sua diminuição foi que contribuiu para o surgimento das folhas em formação de esporângios. Na mesma área, houve evidências decisivas de que a diminuição da temperatura, da precipitação, da interação entre umidade do ar com a precipitação e da interação entre umidade do ar com a RFA contribuíram para o aumento dessa fenofase. Por fim, ainda no interior, a forte evidência da RFA também foi constatada sobre esses indivíduos (Tabela 5).

Na borda, não foram identificadas variáveis macroambientais com evidências representativas para aumento da taxa média de morte foliar. Por outro lado, no interior a redução da precipitação e a interação entre temperatura e fotoperíodo influenciaram com forte evidência o evento fenológico nos indivíduos. Com relação as variáveis microambientais, na borda o aumento da temperatura e a diminuição da precipitação foram decisivas para a morte das folhas dessas plantas. No interior, as mesmas variáveis tiveram a mesma influência, mas com forte evidência (Tabela 5).

Tabela 5 – Modelos Bayesianos para relação das variáveis macro e microambientais com as fenofases de *Campyloneurum austrobrasilianum*.

<i>Campyloneurum austrobrasilianum</i>										
Renovação Foliar										
Macroambientais										
Área	R ²	Deviance	DIC	Variáveis	Média post.	ICI 95%	ICS 95%	pMCMC	Fator Bayes	Evidência
Borda	0,254	154,86	238,14	Fotoperíodo (z)	↑	0,43	0,08	0,82	0,020	50 Forte
Interior	0,456	163,61	227,79	Fotoperíodo (z)	↑	0,57	0,30	0,85	4,3E-04	2349 Decisiva
Microambientais										
Área	R ²	Deviance	DIC	Variáveis	Média post.	ICI 95%	ICS 95%	pMCMC	Fator Bayes	Evidência
Borda	0,382	154,090	238,73	Umidade do Ar (z)	↓	-0,55	-0,92	-0,15	0,003	335 Decisiva
				Temperatura (z)	↑	0,10	-0,27	0,52	0,612	2 Fraca
				RFA (z)	↑	0,27	-0,05	0,61	0,103	9 Substancial
				Umidade do Ar (z):Temperatura (z)	↑	0,24	-0,21	0,65	0,266	9 Fraca
Interior	0,457	167,614	230,60	Umidade do Ar (z)	↓	-0,57	-0,86	-0,21	4,3E-04	2349 Decisiva
				Temperatura (z)	↑	0,02	-0,27	0,36	0,820	5 Substancial
				RFA (z)	↑	0,23	-0,16	0,54	0,239	3 Fraca
				Temperatura (z):RFA (z)	↓	-0,27	-0,61	0,11	0,147	6 Substancial
Formação de esporângios										
Macroambientais										
Área	R ²	Deviance	DIC	Variáveis	Média post.	ICI 95%	ICS 95%	pMCMC	Fator Bayes	Evidência
Borda	0,43	2,64	9,00	Fotoperíodo (z)	↑	8,99	1,61	12,61	0,010	101 Decisiva
				Temperatura (z)	↓	-9,87	-14,04	-0,85	0,014	68 Forte
				Temperatura (z)	↓	-54,70	-175,93	2,94	0,065	14 Forte
Interior	0,36	13,50	25,89	Precipitação (z)	↑	33,04	-3,35	105,08	0,096	9 Substancial
				Fotoperíodo (z)	↑	27,97	-10,39	106,71	0,161	5 Substancial
				Temperatura (z):Fotoperíodo (z)	↓	-35,43	-117,49	4,46	0,095	9 Substancial
Microambientais										
Área	R ²	Deviance	DIC	Variáveis	Média post.	ICI 95%	ICS 95%	pMCMC	Fator Bayes	Evidência
Borda	0,56	11,40	11,68	Umidade do Ar (z)	↑	0,02	-2,06E-03	0,03	0,087	11 Forte
				Umidade do Ar (z)	↓	-39,57	-62,80	-9,55	0,014	68 Forte
				Precipitação (z)	↓	-68,75	-111,23	-14,16	0,009	111 Decisiva
Interior	0,36	13,80	27,28	Temperatura (z)	↓	-87,81	-131,66	-31,94	2,1E-04	4699 Decisiva
				RFA (z)	↑	26,50	1,22	54,08	0,043	22 Forte
				Umidade do Ar (z):Precipitação (z)	↓	-103,61	-155,82	-32,77	2,1E-04	4699 Decisiva
				Temperatura (z):RFA (z)	↓	-76,99	-116,97	-32,49	2,1E-04	4699 Decisiva
Morte Foliar										
Macroambientais										
Área	R ²	Deviance	DIC	Variáveis	Média post.	ICI 95%	ICS 95%	pMCMC	Fator Bayes	Evidência
Borda	0,66	186,82	256,59	Precipitação (z)	↓	-0,21	-0,46	0,07	1,7E-01	5 Substancial
				Temperatura (z)	↑	0,50	-0,15	1,19	0,132	7 Substancial
Interior	0,41	141,67	221,43	Precipitação (z)	↓	-0,41	-0,87	0,05	0,064	15 Forte
				Fotoperíodo (z)	↓	-0,22	-0,90	0,40	0,513	1 Fraca
				Temperatura (z):Fotoperíodo (z)	↑	0,47	-0,04	0,98	0,073	13 Forte
Microambientais										
Área	R ²	Deviance	DIC	Variáveis	Média post.	ICI 95%	ICS 95%	pMCMC	Fator Bayes	Evidência
Borda	0,36	241,15	251,10	Precipitação (z)	↓	-0,45	-0,63	-0,22	2,1E-04	4699 Decisiva
				Temperatura (z)	↑	0,48	0,36	0,57	2,1E-04	4699 Decisiva
Interior	0,39	137,75	219,82	Umidade do Ar (z)	↑	0,13	-0,29	0,52	0,530	1 Fraca
				Precipitação (z)	↓	-0,47	-0,86	-0,09	0,013	77 Forte
				Temperatura (z)	↑	0,37	0,02	0,78	0,052	18 Forte
				Umidade do Ar (z):Temperatura (z)	↓	-0,28	-0,80	0,23	0,291	2 Fraca

5.2.5.2 *Campyloneurum nitidum*

O fotoperíodo apresentou evidências decisivas sobre a influência na taxa média de renovação foliar na borda e no interior. Da mesma maneira, essa evidência também foi constatada nos indivíduos da borda para a diminuição da temperatura, embora no interior a evidência tenha sido forte. O aumento da precipitação apresentou evidências fortes da renovação foliar nas plantas na borda e no interior. Para as variáveis microambientais, o aumento da RFA, a redução da umidade do ar, a interação da umidade do ar com temperatura e a interação da temperatura com RFA demonstraram evidências decisivas nas plantas dessa espécie na borda para o aumento da renovação foliar. Nos indivíduos do interior, as variáveis que apresentaram fortes evidências foram a diminuição da umidade do ar, da precipitação e da interação entre ambas (Tabela 6).

A redução da temperatura, da RFA e da interação entre as mesmas tiveram evidências decisivas para a formação de esporângios na borda e no interior. Sobre as variáveis macroambientais, a redução do fotoperíodo foi a evidência decisiva para a ocorrência dessa fenofase em ambas as áreas, sendo que na borda foi ainda constatada a mesma evidência para a precipitação e para a interação do fotoperíodo com a temperatura (Tabela 6).

As temperaturas macro e microambientais tiveram evidências decisivas, na borda e interior, na taxa média de folhas em morte foliar. A redução da precipitação somente no interior apontou evidência forte para acelerar a morte foliar dessas plantas (Tabela 6).

Tabela 6 – Modelos Bayesianos para relação das variáveis macro e microambientais com as fenofases de *Campyloneurum nitidum*.

<i>Campyloneurum nitidum</i>											
Renovação Foliar											
Macroambientais											
Área	R ²	Deviance	DIC	Variáveis	Média post	ICI 95%	ICS 95%	pMCMC	Fator Bayes	Evidência	
Borda	0,37	137,41	204,30	Temperatura (z)	↓	-1,11	-1,92	-0,30	0,006	156	Decisiva
				Precipitação (z)	↑	0,39	-0,08	0,84	0,089	10	Forte
				Fotoperíodo (z)	↑	1,11	0,53	1,75	2,1E-04	4699	Decisiva
				Temperatura (z):Fotoperíodo (z)	↓	-0,46	-0,94	0,10	0,075	12	Forte
Interior	0,46	146,18	237,41	Temperatura (z)	↓	-0,60	-1,34	0,09	0,090	10	Forte
				Precipitação (z)	↑	0,31	-0,02	0,64	0,058	16	Forte
				Fotoperíodo (z)	↑	0,86	0,20	1,53	0,009	111	Decisiva
Microambientais											
Área	R ²	Deviance	DIC	Variáveis	Média post	ICI 95%	ICS 95%	pMCMC	Fator Bayes	Evidência	
Borda	0,454	131,676	196,08	Umidade do Ar (z)	↓	-0,93	-1,48	-0,46	2,1E-04	4699	Decisiva
				Temperatura (z)	↑	0,40	-0,16	1,09	0,337	1,97	Fraca
				RFA (z)	↑	1,43	0,67	2,25	2,1E-04	4699	Decisiva
				Umidade do Ar (z):Temperatura (z)	↑	0,78	0,28	1,51	0,001	1174	Decisiva
				Temperatura (z)	↑	1,50	0,53	2,53	2,1E-04	4699	Decisiva
Interior	0,456	154,430	243,00	Umidade do Ar (z)	↓	-0,42	-0,88	0,02	0,057	17	Forte
				Precipitação (z)	↓	-0,02	-0,57	0,51	0,946	18	Forte
				Temperatura (z)	↓	-0,38	-0,88	0,12	0,125	7	Substancia
				RFA (z)	↑	0,09	-0,50	0,64	0,753	3	Fraca
				Umidade do Ar (z):Precipitação (z)	↓	-0,92	-1,74	-0,10	0,011	93	Forte
				Umidade do Ar (z):Temperatura (z)	↑	0,62	-0,23	1,58	0,150	6	Substancia
				Temperatura (z):RFA (z)	↓	-0,44	-1,07	0,12	0,122	7	Substancia
Formação de esporângios											
Macroambientais											
Área	R ²	Deviance	DIC	Variáveis	Média post	ICI 95%	ICS 95%	pMCMC	Fator Bayes	Evidência	
Borda	0,37	52,87	100,58	Temperatura (z)	↓	-0,10	-1,08	1,09	0,442	1	Fraca
				Precipitação (z)	↓	-1,74	-2,67	-0,79	0,003	335	Decisiva
				Fotoperíodo (z)	↓	-2,10	-3,45	-1,48	2,1E-04	4699	Decisiva
				Temperatura (z):Fotoperíodo (z)	↓	-1,70	-2,33	-0,92	2,1E-04	4699	Decisiva
Interior	0,37	20,82	40,88	Fotoperíodo (z)	↓	-2,81	-3,20	-2,53	2,1E-04	4699	Decisiva
Microambientais											
Área	R ²	Deviance	DIC	Variáveis	Média post	ICI 95%	ICS 95%	pMCMC	Fator Bayes	Evidência	
Borda	0,356	45,215	98,77	Temperatura (z)	↓	-2,68	-4,61	-0,95	2,1E-04	4699	Decisiva
				RFA (z)	↓	-2,87	-4,59	-1,09	2,1E-04	4699	Decisiva
				Temperatura (z):RFA (z)	↓	-3,90	-6,37	-1,30	4,3E-04	2349	Decisiva
Interior	0,422	28,257		Temperatura (z)	↓	-2,57	-3,33	-0,55	2,1E-04	4699	Decisiva
				RFA (z)	↓	-3,05	-3,73	-2,51	2,1E-04	4699	Decisiva
				Temperatura (z):RFA (z)	↓	-2,55	-3,20	-0,82	2,1E-04	4699	Decisiva
Morte Foliar											
Macroambientais											
Área	R ²	Deviance	DIC	Variáveis	Média post	ICI 95%	ICS 95%	pMCMC	Fator Bayes	Evidência	
Borda	0,43	139,99	169,30	Temperatura (z)	↑	0,80	0,27	1,30	0,001	782	Decisiva
				Fotoperíodo (z)	↓	-0,58	-1,12	-0,10	0,014	70	Forte
Interior	0,43	118,43	191,09	Temperatura (z)	↑	0,84	0,37	1,27	0,000	4699	Decisiva
				Fotoperíodo (z)	↓	-0,59	-1,13	-0,11	0,011	93	Forte
Microambientais											
Área	R ²	Deviance	DIC	Variáveis	Média post	ICI 95%	ICS 95%	pMCMC	Fator Bayes	Evidência	
Borda	0,460	143,643	166,76	Umidade do Ar (z)	↑	0,24	-0,01	0,59	0,100	9	Substancia
				Temperatura (z)	↑	0,45	0,20	0,66	2,1E-04	4699	Decisiva
				RFA (z)	↓	-0,08	-0,33	0,12	0,565	1	Fraca
Interior	0,378	116,060	190,67	Umidade do Ar (z)	↓	-0,31	-0,83	0,17	0,209	4	Substancia
				Precipitação (z)	↓	-0,48	-0,92	-0,09	0,024	40	Forte
				Temperatura (z)	↑	0,69	0,18	1,17	0,004	260	Decisiva
				Umidade do Ar (z):Temperatura (z)	↑	0,50	-0,17	1,14	0,126	7	Substancia

5.2.5.3 *Pecluma pectinatiformis*

As análises identificaram evidências decisivas sobre a influência do fotoperíodo na taxa média de folhas em renovação foliar, constatada tanto na borda como no interior. O mesmo grau de evidência também foi identificado quando ocorreu a diminuição da temperatura para os indivíduos na borda e para a diminuição da temperatura com fotoperíodo (interação) em ambas as áreas. Para as variáveis microambientais, a diminuição da temperatura e o aumento da RFA foram as variáveis com evidências decisivas nessa fenofase nos indivíduos da borda. A renovação foliar das plantas no interior florestal destacou-se pela quantidade de variáveis com evidências fortes, sendo elas: redução da umidade do ar, diminuição da precipitação, temperatura, RFA e a interação entre umidade do ar e temperatura. As interações entre umidade do ar com a precipitação e a interação entre temperatura e RFA tiveram evidências decisivas na redução da taxa média das folhas nessa fenofase (Tabela 7).

Para a taxa média de formação de esporângios não foram identificadas variáveis macroambientais nos indivíduos na borda, mas nas plantas do interior houve evidência decisiva sobre a influência da interação entre temperatura e fotoperíodo na redução da taxa média de folhas nessa fenofase. Para as microambientais, nos indivíduos da borda a precipitação, a umidade do ar e interação entre umidade do ar e precipitação tiveram fortes evidências. Para os indivíduos do interior, o mesmo grau de evidência foi constatado para a redução de temperatura e o aumento da RFA (Tabela 7).

Com relação a morte foliar, nenhuma variável microambiental sinalizou evidência sobre a influência na taxa média de folhas na fenofase nas duas áreas. Sobre as macro ambientais, o fotoperíodo teve evidência forte e a interação entre temperatura e fotoperíodo apresentou evidências decisivas na redução da taxa média da fenofase dos indivíduos no interior (Tabela 7).

Tabela 7 – Modelos Bayesianos para relação das variáveis macro e microambientais com as fenofases de *Pecluma pectinatiformis*.

<i>Pecluma pectinatiformis</i>											
Renovação Foliar											
Macroambientais											
Área	R ²	Deviance	DIC	Variáveis	Média post.	ICI 95%	ICS 95%	pMCMC	Fator Bayes	Evidência	
Borda	0,51	200,95	215,26	Temperatura (z)	↓	-1,07	-1,26	-0,78	2,1E-04	4699	Decisiva
				Fotoperíodo (z)	↑	0,95	0,71	1,32	2,1E-04	4699	Decisiva
				Temperatura (z):Fotoperíodo (z)	↓	-0,31	-0,50	-0,16	2,1E-04	4699	Decisiva
Interior	0,60	114,87	171,96	Temperatura (z)	↓	-0,04	-0,61	0,49	0,899	9	Substancial
				Fotoperíodo (z)	↑	0,78	0,29	1,26	0,001	782	Decisiva
				Temperatura (z):Fotoperíodo (z)	↓	-0,56	-1,03	-0,14	0,008	130	Decisiva
Microambientais											
Área	R ²	Deviance	DIC	Variáveis	Média post.	ICI 95%	ICS 95%	pMCMC	Fator Bayes	Evidência	
Borda	0,515	207,419	210,13	Temperatura (z)	↓	-0,47	-0,48	-0,44	0,000	4699	Decisiva
				RFA (z)	↑	0,49	0,47	0,53	0,000	4699	Decisiva
				Temperatura (z):RFA (z)	↑	4,5E-03	-0,01	0,05	0,411	1	Fraca
				Umidade do Ar (z)	↓	-1,05	-2,10	0,04	0,061	15	Forte
				Precipitação (z)	↓	-1,25	-2,35	-0,12	0,029	34	Forte
Interior	0,591	110,485	173,72	Temperatura (z)	↑	0,01	-0,63	0,56	0,951	34	Forte
				RFA (z)	↑	0,54	-0,06	1,35	0,071	13	Forte
				Umidade do Ar (z):Precipitação (z)	↓	-3,23	-5,72	-0,79	0,004	260	Decisiva
				Umidade do Ar (z):Temperatura (z)	↑	3,30	0,21	5,89	0,028	35	Forte
				Temperatura (z):RFA (z)	↓	-1,58	-2,67	-0,72	2,1E-04	4699	Decisiva
Formação de esporângios											
Macroambientais											
Área	R ²	Deviance	DIC	Variáveis	Média post.	ICI 95%	ICS 95%	pMCMC	Fator Bayes	Evidência	
Borda	0,21	83,38	155,60	Temperatura (z)	↑	0,34	-0,58	1,40	0,490	1	Fraca
				Fotoperíodo (z)	↓	-0,11	-1,09	0,81	0,827	5	Substancial
				Temperatura (z):Fotoperíodo (z)	↓	-0,64	-1,53	0,23	0,128	7	Substancial
Interior	0,38	11,43	27,60	Temperatura (z)	↓	-6,33	-26,54	9,17	0,323	2	Fraca
				Fotoperíodo (z)	↓	-1,33	-16,62	11,52	0,803	4	Substancial
				Temperatura (z):Fotoperíodo (z)	↓	-15,68	-40,44	-1,24	0,009	106	Decisiva
Microambientais											
Área	R ²	Deviance	DIC	Variáveis	Média post.	ICI 95%	ICS 95%	pMCMC	Fator Bayes	Evidência	
Borda	0,309	78,526	155,79	Umidade do Ar (z)	↑	0,03	-0,52	0,62	0,925	12	Forte
				Precipitação (z)	↑	0,02	-0,64	0,67	0,948	18	Forte
				RFA (z)	↑	0,37	-0,22	1,09	0,244	3	Fraca
				Umidade do Ar (z):Precipitação (z)	↑	0,71	0,04	1,43	0,029	34	Forte
Interior	0,38	12,35	39,89	Temperatura (z)	↓	-3,75	-10,22	0,59	0,040	24	Forte
				RFA (z)	↑	3,14	-0,27	8,80	0,036	27	Forte
Morte Foliar											
Macroambientais											
Área	R ²	Deviance	DIC	Variáveis	Média post.	ICI 95%	ICS 95%	pMCMC	Fator Bayes	Evidência	
Borda	0,28	110,50	144,51	Temperatura (z)	↑	0,10	-0,25	0,47	0,212	4	Substancial
				Fotoperíodo (z)	↓	-0,45	-0,76	-0,13	0,039	25	Forte
				Temperatura (z):Fotoperíodo (z)	↓	-0,40	-0,86	-0,16	0,008	123	Decisiva
Interior				Não há variáveis com evidências para o modelo!							
Microambientais											
Área	R ²	Deviance	DIC	Variáveis	Média post.	ICI 95%	ICS 95%	pMCMC	Fator Bayes	Evidência	
Borda				Não há variáveis com evidências para o modelo!							
Interior				Não há variáveis com evidências para o modelo!							

5.2.6 Resultados das análises Frequentistas

Esses resultados foram explanados para uma posterior comparação entre as abordagens estatísticas, não ocorrendo a discussão dos resultados obtidos na estatística Frequentista.

5.2.6.1 *Campyloneurum austrobrasilianum*

Das variáveis macroambientais, o fotoperíodo foi o que mais influenciou a renovação foliar dos indivíduos dessa espécie, em ambas as áreas. Para as variáveis microambientais, a diminuição da umidade do ar foi a que melhor explicou o aparecimento de novas folhas desses indivíduos na borda e no interior (Tabela 8). Esse evento fenológico não apresentou diferença significativa entre as áreas (Tabela 11).

Somente no interior florestal a formação de esporângios dos indivíduos foi influenciada pela variável macroambiental precipitação. Com isso, uma diferença significativa do evento entre as áreas foi identificada (Tabela 12).

Em indivíduos do interior, a interação da temperatura com o fotoperíodo e a redução da precipitação foram as variáveis macroambientais que contribuíram significativamente para o aumento da taxa de morte foliar nesses indivíduos. Das variáveis microambientais, a redução da precipitação foi a que influenciou as plantas na borda e no interior. Exclusivamente para o interior, a temperatura influenciou na morte foliar desses indivíduos. A morte foliar não apresentou diferença estatística entre borda e interior (Tabela 11).

Tabela 8 – Modelos Frequentistas para relação das variáveis macro e microambientais com as fenofases de *Campyloneurum austrobrasilianum*.

<i>Campyloneurum austrobrasilianum</i>									
Renovação Foliar									
Macroambientais									
Área	R ²	Deviance Residual	AIC	Variáveis	Estimate	Std. Error	z value	p-value	
Borda	0,068	158,710	257,930	Fotoperíodo (z)	↑ 0,310	0,123	2,529	0,011	
Interior	0,156	117,78	214,930	Fotoperíodo (z)	↑ 0,500	0,141	3,535	<0,0001	
Microambientais									
Área	R ²	Deviance Residual	AIC	Variáveis	Estimate	Std. Error	z value	p-value	
Borda	0,183	146,88	252,1	Umidade do Ar (z)	↓ -0,491	0,135	-3,627	<0,0001	
Interior	0,198	113,840	216,990	Umidade do Ar (z)	↓ -0,489	0,165	-2,960	0,003	
Formação de esporângios									
Macroambientais									
Área	R ²	Deviance Residual	AIC	Variáveis	Estimate	Std. Error	z value	p-value	
Borda	Não há variáveis com evidências para o modelo!								
Interior	0,187	5,273	76,178	Precipitação (z)	↑ 0,847	0,422	2,010	0,045	
Microambientais									
Área	R ²	Deviance Residual	AIC	Variáveis	Estimate	Std. Error	z value	p-value	
Borda	Não há variáveis com evidências para o modelo!								
Interior	Não há variáveis com evidências para o modelo!								
Morte Foliar									
Macroambientais									
Área	R ²	Deviance Residual	AIC	Variáveis	Estimate	Std. Error	z value	p-value	
Borda	Não há variáveis com evidências para o modelo!								
Interior	0,087	134,65	228,910	Precipitação (z)	↓ -0,312	0,155	-2,010	0,045	
				Temperatura (z):Fotoperíodo (z)	↑ 0,435	0,184	2,363	0,018	
Microambientais									
Área	R ²	Deviance Residual	AIC	Variáveis	Estimate	Std. Error	z value	p-value	
Borda	0,075	126,050	241,240	Precipitação (z)	↓ -0,285	0,138	-2,062	0,039	
Interior	0,162	127,520	227,780	Precipitação (z)	↓ -0,441	0,158	-2,787	0,005	
				Temperatura (z)	↑ 0,480	0,219	2,190	0,029	

5.2.6.2 *Campyloneurum nitidum*

O fotoperíodo foi a variável macroambiental com influência comum em ambas as áreas para a renovação foliar dos indivíduos. Contudo, a redução da temperatura foi exclusiva para os indivíduos da borda e a precipitação para os do interior. Quanto às variáveis microambientais, a renovação foliar dos indivíduos da borda foi influenciada significativamente pela da umidade do ar, a RFA, a interação da umidade com temperatura e a RFA com temperatura. No interior, a umidade do ar e a interação entre precipitação e a umidade do ar influenciaram na redução

da taxa média de renovação foliar (Tabela 9). Essa fenofase apresentou diferença significativa entre borda e interior (Tabela 11).

A formação de esporângios dos indivíduos foi influenciada, em ambas as áreas, pela redução do fotoperíodo. Exclusivamente para as plantas na borda, a interação da temperatura com o fotoperíodo contribuiu para redução dessa fenofase. Com relação as variáveis microambientais, somente a interação da temperatura com a RFA influenciou na redução da formação de esporângios dos indivíduos (Tabela 9). Essa fenofase teve diferença significativa entre as áreas (Tabela 11).

Os indivíduos tiveram a morte foliar influenciada pela temperatura local e das áreas, tanto na borda quanto no interior. A diminuição do fotoperíodo foi a outra variável que influenciou os indivíduos da borda. No interior, a redução da precipitação também contribuiu para um aumento da manifestação de morte foliar dos indivíduos (Tabela 9). Essa fenofase não apresentou diferença significativa entre as áreas (Tabela 11).

Tabela 9 – Modelos Frequentistas para relação das variáveis macro e microambientais com as fenofases de *Campyloneurum nitidum*.

<i>Campyloneurum nitidum</i>									
Renovação Foliar									
Macroambientais									
Área	R ²	Deviance Residual	AIC	Variáveis	Estimate	Std. Error	z value	p-value	
Borda	0,185	118,290	206,450	Temperatura (z)	↓	-0,822	0,296	-2,777	0,005
				Fotoperíodo (z)	↑	0,782	0,246	3,180	0,001
Interior	0,200	131,61	235,870	Precipitação (z)	↑	0,230	0,102	2,261	0,024
				Fotoperíodo (z)	↑	0,622	0,218	2,847	0,004
Microambientais									
Área	R ²	Deviance Residual	AIC	Variáveis	Estimate	Std. Error	z value	p-value	
Borda	0,375	98,683	188,840	Umidade do ar (z)	↓	-0,714	0,181	-3,950	<0,0001
				RFA (z)	↑	1,042	0,291	3,574	<0,001
				Umidade do Ar (z):Temperatura (z)	↑	0,526	0,259	2,032	0,042
				Temperatura (z):RFA (z)	↑	1,045	0,374	2,797	0,005
Interior	0,241	127,340	239,610	Umidade do Ar (z)	↓	-0,327	0,150	-2,178	0,029
				Umidade do Ar (z):Precipitação (z)	↓	-0,656	0,280	-2,341	0,019
Formação de esporângios									
Macroambientais									
Área	R ²	Deviance Residual	AIC	Variáveis	Estimate	Std. Error	z value	p-value	
Borda	0,333	74,705	114,960	Fotoperíodo (z)	↓	-1,469	0,542	-2,708	0,007
				Temperatura (z):Fotoperíodo (z)	↓	-1,209	0,526	-2,296	0,022
Interior	0,316	27,770	43,770	Fotoperíodo (z)	↓	-1,942	0,900	-2,158	0,031
Microambientais									
Área	R ²	Deviance Residual	AIC	Variáveis	Estimate	Std. Error	z value	p-value	
Borda	0,304327	77,111	115,37	Temperatura (z)	↓	-1,508	0,487	-3,094	0,002
				RFA (z)	↓	-1,730	0,483	-3,579	<0,001
				Temperatura (z):RFA (z)	↓	-2,308	0,687	-3,361	0,001
Interior Não há variáveis com evidências para o modelo!									
Morte Foliar									
Macroambientais									
Área	R ²	Deviance Residual	AIC	Variáveis	Estimate	Std. Error	z value	p-value	
Borda	0,109	91,768	167,370	Temperatura (z)	↑	0,712	0,261	2,726	0,006
				Fotoperíodo (z)	↓	-0,575	0,286	-2,009	0,045
Interior	0,251	113,000	190,130	Temperatura (z)	↑	0,741	0,172	4,297	<0,0001
				Precipitação (z)	↓	-0,515	0,194	-2,652	0,008
Microambientais									
Área	R ²	Deviance Residual	AIC	Variáveis	Estimate	Std. Error	z value	p-value	
Borda	0,177	86,660	164,270	Temperatura (z)	↑	0,373	0,167	2,231	0,026
Interior	0,255	112,600	199,730	Temperatura (z)	↑	0,496	0,211	2,354	0,019

5.2.6.3 *Pecluma pectinatiformis*

A renovação foliar dos indivíduos de ambas as áreas foi influenciada pelo aumento do fotoperíodo. Nas plantas da borda, a redução da temperatura também exerceu influência sobre a fenofase. Para os indivíduos do interior, a interação da temperatura com o fotoperíodo contribuiu para redução da fenofase. Quanto as variáveis microambientais, a RFA foi significativa para a fenofase dos indivíduos situados na borda. Nos do interior, a interação da RFA com a temperatura teve influência na redução da taxa média de renovação foliar (Tabela 10).

Somente nos indivíduos da borda foram identificadas variáveis com influência na formação de esporângios. A variável macroambiental de interação da temperatura com fotoperíodo contribuiu para redução da fenofase dessas plantas. A microambiental de interação da umidade do ar com precipitação também influenciou no aumento da fenofase (Tabela 10). Foi identificada diferença significativa na comparação dessa fenofase entre borda e interior (Tabela 11).

Nenhuma variável macroambiental ou microambiental foi explicativa para a ocorrência da morte foliar dos indivíduos analisados na borda e no interior (Tabela 10), também não apresentando diferença significativa entre as áreas (Tabela 11).

Tabela 10 – Modelos Frequentistas para relação das variáveis macro e microambientais com as fenofases de *Pecluma pectinatiformis*.

<i>Pecluma pectinatiformis</i>									
Renovação Foliar									
Macroambientais									
Área	R ²	Deviance Residual	AIC	Variáveis	Estimate	Std. Error	z value	p-value	
Borda	0,244	101,200	206,940	Temperatura (z)	↓ -0,823	0,260	-3,171	0,002	
				Fotoperíodo (z)	↑ 0,838	0,230	3,651	<0,001	
Interior	0,297	69,162	145,480	Fotoperíodo (z)	↑ 0,729	0,240	3,038	0,002	
				Temperatura (z):Fotoperíodo (z)	↓ -0,530	0,244	-2,176	0,030	
Microambientais									
Área	R ²	Deviance Residual	AIC	Variáveis	Estimate	Std. Error	z value	p-value	
Borda	0,272	98,587	204,330	RFA (z)	↑ 0,597	0,166	3,593	< 0,001	
Interior	0,315	67,878	152,200	Temperatura (z):RFA (z)	↓ -0,866	0,346	-2,504	0,012	
Formação de esporângios									
Macroambientais									
Área	R ²	Deviance Residual	AIC	Variáveis	Estimate	Std. Error	z value	p-value	
Borda	0,054	130,320	193,610	Temperatura (z):Fotoperíodo (z)	↓ -0,457	0,229	-1,999	0,046	
Interior	Não há variáveis com evidências para o modelo!								
Microambientais									
Área	R ²	Deviance Residual	AIC	Variáveis	Estimate	Std. Error	z value	p-value	
Borda	0,118	124,580	189,870	Umidade do Ar (z):Precipitação (z)	↑ 0,543	0,198	2,742	0,006	
Interior	Não há variáveis com evidências para o modelo!								
Morte foliar									
Macroambientais									
Área	R ²	Deviance Residual	AIC	Variáveis	Estimate	Std. Error	z value	p-value	
Borda	Não há variáveis com evidências para o modelo!								
Interior	Não há variáveis com evidências para o modelo!								

Tabela 11 – Análises Frequentistas para comparação das fenofases da borda com as do interior.

Abordagem Estatística	Resultados	<i>Campyloneurum austrobrasillianum</i>		
		Renovação foliar	Formação de esporângios	Morte foliar
Frequentista	Diferença significativa (<i>p-value</i>)	0,329	< 0,001	0,319
	Intervalo de Confiança (95%)	0,588 ~ 1,211	0,001 ~ 0,438	0,579 ~ 1,210
	Razão da taxa	0,843	0,063	0,836
Abordagem Estatística	Resultados	<i>Campyloneurum nitidum</i>		
		Renovação foliar	Formação de esporângios	Morte foliar
Frequentista	Diferença significativa (<i>p-value</i>)	0,008	0,026	0,066
	Intervalo de Confiança (95%)	0,418 ~ 0,892	1,074 ~ 8,556	0,423 ~ 1,043
	Razão da taxa	0,6132	2,797	0,667
Abordagem Estatística	Resultados	<i>Pecluma pectinatiformis</i>		
		Renovação foliar	Formação de esporângios	Morte foliar
Frequentista	Diferença significativa (<i>p-value</i>)	0,762	< 0,001	0,564
	Intervalo de Confiança (95%)	0,616 ~ 1,413	1,7939 ~ 10,668	0,4641 ~ 1,5589
	Razão da taxa	0,930	4,038	0,846

Tabela 12 – Análises Frequentistas para comparação das variáveis microambientais entre borda e interior.

Abordagem Estatística	Resultados	Temperatura (°C)		Umidade do Ar (%)		Precipitação (mm)		Radiação fotossinteticamente ativa ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	
		Borda	Interior	Borda	Interior	Borda	Interior	Borda	Interior
Média		18,216	18,325	71,601	71,475	133,08	104,94	17,162	1,580
p-value			0,7855		0,8613		1,07E-08		0,0619
Intervalo de Confiança			-0,889 ~ 0,672		-1,287 ~ 1,539		18,568 ~ 37,648		-0,068 ~ 2,791
Interação entre Umidade do Ar (z) e Precipitação (z)									
Interação entre Umidade do Ar (z) e Temperatura Local (z)									
Interação entre RFA (z) e Temperatura Local (z)									
Abordagem Estatística	Resultados	Interação entre Umidade do Ar (z) e Precipitação (z)		Interação entre Umidade do Ar (z) e Temperatura Local (z)		Interação entre RFA (z) e Temperatura Local (z)			
		Borda	Interior	Borda	Interior	Borda	Interior	Borda	Interior
Média		-0,078	-0,028	0,056	-0,063	0,002	0,335		
p-value			0,475		0,063		6,99E-08		
Intervalo de Confiança			-0,078 ~ -0,027		-0,006 ~ 0,243		-0,453 ~ -0,213		

6 DISCUSSÃO

6.1 Fenologia das espécies

6.1.1 Renovação foliar

As frequências e intensidades de renovação foliar das três espécies ocorreram de forma descontínua e irregular, no ano do estudo, tanto na borda quanto no interior. Esse padrão irregular também foi encontrado em três espécies de *Adiantum* L. (Pteridaceae) no Nordeste Brasileiro (SOUZA et al., 2013) e, da mesma forma, para a espécie hemiepifítica no Sul do Brasil *Lomaridium plumieri* (PADOIN et al., 2016), ambas em fragmentos de Floresta Atlântica.

De maneira geral o fotoperíodo e a umidade relativa do ar foram as variáveis que mais influenciaram o surgimento de folhas novas nas três espécies. O aumento das horas de luz ao longo do ano teve influência na renovação foliar das três espécies em ambas as áreas. A umidade do ar apresentou influência inversa para as duas espécies de *Campyloneurum* que estavam situados na borda e no interior. Pode-se relatar a preferência da renovação foliar desses indivíduos em dias com períodos de luz mais longos, assim como por uma baixa umidade do ar. Há uma tendência das samambaias renovarem suas folhas em períodos de dias mais longos no sul do Brasil, como também observado para a herbácea *Lindsaea lancea* (L.) Bedd. que constatou forte correlação com fotoperíodo (MÜLLER et al., 2016). Os indivíduos de *Pecluma pectinatiformis* tiveram sua renovação foliar influenciada pela menor umidade somente no interior florestal.

As três espécies monitoradas pertencem a família Polypodiaceae, que está entre as famílias epifíticas mais ricas no mundo (MADISON, 1977; KRESS, 1986; BENZING, 1992; BLUME et al., 2010) e sua resistência e resiliência às variações climáticas são provenientes de estratégias morfológicas e fisiológicas que controlam a perda de água (ŽIVKOVIĆ et al., 2005). Um exemplo morfológico, visível em campo, é a poiquiloídris (GERALDINO et al., 2010), que favorece as espécies em períodos de estresse climático (BENZING, 1992; PAGE, 2002; DUBUISSON et al., 2003). Os mecanismos fisiológicos por sua vez, mantêm o potencial hídrico das plantas por meio do ajustamento osmótico (HIETZ, 2010).

A renovação dos indivíduos de *P. pectinatiformis* e *C. nitidum* apresentaram influência da RFA nas plantas situadas na borda. Nessa área, a incidência da radiação fotossinteticamente ativa é maior devido ao seu dossel mais aberto que o interior (SEITZ, 1976; CESTARO, 1988; HERNANDES et al., 2004; SILVA et al., 2017). Outra variável relacionada indiretamente com a abertura de dossel é a precipitação. No interior da área, um menor volume de chuva contribuiu para a renovação foliar em *C. nitidum* e *P. pectinatiformis*, tal aspecto não foi encontrado em outros estudos (PADOIN et al., 2016; MÜLLER et al., 2016; FARIAS; XAVIER, 2013)

que não observaram qualquer relação da chuva com essa fenofase. Em comparação com a borda, o interior apresentou um acumulado de 28mm a menos de precipitação, demonstrando contrastante diferença entre as áreas. De acordo com (BRUIJNZEEL, 1990; ARCOVA et al., 2003) as copas das árvores interceptam mais a água da chuva em locais com dossel mais fechado, como no interior, do que a borda que apresenta um dossel menos condensado.

Mesmo que a umidade não tenha apresentado uma diferença relevante para diferenciar as áreas, quando somada a precipitação, essa interação se torna importante para caracterizar o interior como mais úmido. Com isso, pôde-se perceber a fragilidade dos báculos quanto à umidade excessiva do interior em alguns meses.

A renovação foliar de *C. nitidum* e *P. pectinatiformis* apresentou sazonalidade e ocorreu de maneira mais concentrada durante o segundo e terceiro mês da primavera em ambas as áreas. Samambaias de regiões com período chuvoso marcadamente sazonal tiveram o surgimento de báculos influenciado pela precipitação (RANAL, 1995; SOUZA et al., 2007; FARIAS; XAVIER, 2013), diferindo do presente estudo em que a renovação foliar ocorreu mais concentrada em períodos com menor umidade.

Contudo, historicamente a primavera é um período com altos indícios de precipitação. Entre 20/09/2016 e 25/10/2016 (mês de início da estação) foi registrado um elevado índice de chuvas (ver Fig. 3), diminuindo bastante nos meses seguintes da primavera. Talvez, essa maior precipitação tenha servido de gatilho para a produção de báculos, e o seu desenvolvimento tenha sido possível pelo aumento do fotoperíodo e pela diminuição da chuva, evitando a morte de folhas novas. Outras espécies ocorrendo na mesma região, também apresentaram sazonalidade nesse mesmo período, relacionadas com o fotoperíodo, tanto em espécies epifíticas (PADOIN et al., 2016; MÜLLER et al., 2016) como também em espécies terrícolas (SCHMITT; WINDISCH, 2012).

6.1.2 Formação de esporângios

A fenofase de formação de esporângios das três espécies apresentou os índices de atividade e intensidade de forma irregular e descontínua. Outros autores relataram o mesmo padrão, porém em espécies terrícolas e de outras famílias (FARIAS; XAVIER, 2011b; FARIAS et al., 2015). Padoin et al. (2016) relataram baixos padrões de intensidade em *Lomaridium plumieri* em floresta Atlântica na região sul, assim como os indivíduos do presente estudo.

Para os indivíduos de *C. nitidum* e *P. pectinatiformis* que estavam na borda essa fenofase se mostrou de maneira mais acentuada do que no interior. A manifestação da formação dos esporângios das plantas de *C. nitidum* foi evidente em períodos mais frios, quando os menores registros de RFA ocorreram. Provavelmente, nesse período menos favorável ao seu amadurecimento, renovaram seus lotes de esporângios, aguardando o momento propício para liberação dos esporos (RANAL, 1995), o que aconteceu seis meses depois, quando não houve mais registros de formação desses esporângios (ver Fig. 7E). Segundo Ranal (1995) o

amadurecimento dos esporângios pode ocorrer de dois a cinco meses, dependendo da espécie. Em samambaias arbóreas no Norte de Taiwan, [Lee et al. \(2009\)](#) relataram a emergência de folhas férteis em meses de frio, com a maturação dos esporângios ocorrendo em meses mais quentes.

Para as plantas de *P. pectinatiformis* essa fenofase se manifestou em períodos de temperaturas variadas, e de precipitação elevada, o que no interior foi menor. Em alguns indivíduos de *P. pectinatiformis* foi observado em campo uma estratégia denominada poiquiloidria. Essa estratégia fez com que os indivíduos do interior retivessem suas atividades vitais com a menor presença de chuvas ([BENZING, 1992](#); [RANAL, 1993](#); [PAGE, 2002](#); [GERALDINO et al., 2010](#)) Enquanto os indivíduos da borda, com precipitação mais elevada, seguiram com suas atividades naturalmente.

A baixa frequência e intensidade de indivíduos com folhas em formação de esporângios podem ser devido ao fato da ocorrente morte dos báculos no interior florestal. Na borda, a morte das folhas novas antes de sua expansão total não foi observada, auxiliando nas maiores frequências dessa fenofase para os indivíduos de *C. nitidum* e de *P. pectinatiformis* situados nessa área.

Para os indivíduos de *C. austrobrasilianum* a formação de esporângios foi maior no interior florestal, ocorrendo em três estações (inverno, primavera e verão). Talvez, seja possível afirmar que essa fenofase tenha ocorrido por peculiaridades específicas da planta. Diferente das duas outras espécies, ela possui folhas menos largas e mais coriáceas ([SCHWARTSBURD; LABIAK, 2007](#)) que seriam mais resistentes às variações ambientais. Fatores intrínsecos também foram relatados por [Padoin et al. \(2016\)](#) para a formação dos esporângios dos indivíduos de *Lomaridium plumieri*, considerando seu hábito hemiepifítico.

A época de produção de esporângios de *C. austrobrasilianum* coincidiu com diversas situações climáticas. Segundo [Ranal \(1995\)](#), o surgimento em diferentes situações climáticas pode ser um aspecto positivo e evita que toda uma produção seja perdida. Para os indivíduos que estavam na borda houve manifestação de formação de esporângios somente em um mês. Com isso, o efeito de borda pode ter interferido de forma negativa nos indivíduos dessa espécie localizados nessa área.

A concentração de indivíduos apresentando formação de esporângios evidenciou a sazonalidade somente para os indivíduos de *C. nitidum* situados na borda e para as plantas de *P. pectinatiformis* no interior, com concentrações no período do inverno e primavera, respectivamente. Conseqüentemente no inverno a RFA é menor, assim como as temperaturas, fatores que mais influenciaram os indivíduos de *C. nitidum*, em geral. O fato de somente a borda ter apresentado sazonalidade pode ser devido aos indivíduos estarem mais expostos às variações do que no interior. O período em que os indivíduos de *P. pectinatiformis* se apresentaram mais concentrados coincidiu com o registro de maior chuva. Como no interior chega menos chuva às plantas que na borda, nesse período mais úmido houve uma maior concentração dessas plantas

com esporângios em formação.

Essa fenofase foi a que menos apresentou sazonalidade para as três espécies observadas. Segundo [Mehltreter e Palacios-Rios \(2003\)](#), as informações que se tem sobre sazonalidade na fertilidade de samambaias ainda são contraditórias. Em uma mesma região, com mesmo tipo florestal, espécies de samambaias com diferentes hábitos podem apresentar comportamento sazonal ([SCHMITT et al., 2009](#); [PADOIN et al., 2016](#); [MÜLLER et al., 2016](#)) bem como outras que não apresentam sazonalidade ([FRANZ; SCHMITT, 2005](#); [SCHMITT; WINDISCH, 2007](#)). Corroborando com o presente estudo em que, em um mesmo local, estando a uma distância de 100 metros, alguns indivíduos da mesma espécie podem apresentar padrões sazonais, bem como outros podem não apresentar esse comportamento.

6.1.3 Morte foliar

Os índices de atividade e intensidade da morte foliar das três espécies se apresentaram irregular em ambas as áreas, porém, de forma mais contínua que as outras fenofases analisadas. A maior continuidade dessa fenofase já foi relatada por outros autores ([FARIAS; XAVIER, 2011a](#); [SOUZA et al., 2013](#)) para samambaias de floresta Atlântica. O registro contínuo de folhas mortas demonstra o quanto essas espécies são tolerantes às variáveis ambientais, pois não apresentam dependência de sua ocorrência para essas variáveis ao qual estão expostas.

Temperaturas mais elevadas e baixas precipitações foram as variáveis que mais contribuíram para a manifestação da morte foliar dos indivíduos desse estudo. Outros autores, trabalhando em floresta Atlântica também diagnosticaram que períodos com baixa disponibilidade hídrica ([FRANZ; SCHMITT, 2005](#); [SOUZA et al., 2013](#)) e temperaturas mais elevadas ([FARIAS; XAVIER, 2011b](#); [PADOIN et al., 2016](#)) contribuíram para a morte das folhas.

A morte foliar dos indivíduos de *P. pectinatiformis* foi a menos afetada pelas variáveis ambientais. Provavelmente, o fato seja explicado por possuírem mecanismos considerados preventivos contra a perda de água e aquecimentos, como a poiquiloidria e frondes pequenas ([PARKHURST; LOUCKS, 1972](#); [BONGERS; POPMA, 1988](#)). Temperaturas mais elevadas causam uma perda maior de água das plantas, assim, esses indivíduos enrolaram suas folhas quando houve falta de chuvas, diminuindo ainda mais a superfície foliar ([MEDRI; LLERAS, 1980](#)), fazendo com que resistissem em tempos mais secos.

Apesar de algumas variáveis ambientais terem acelerado a morte foliar das espécies estudadas, essa fenofase não apresentou sazonalidade. Em outras espécies situadas em Floresta Atlântica, esse padrão também não foi encontrado ([PADOIN et al., 2016](#); [MÜLLER et al., 2016](#)). A concentração dos indivíduos ocorreu de forma fraca e, em diferentes estações (verão, outono e inverno), demonstrando um padrão contínuo e natural, já que trata-se da fenofase de encerramento de um ciclo.

6.2 Abordagens estatísticas

Mesmo que existam diversas pesquisas com comparações entre as abordagens estatísticas Frequentistas e Bayesianas (HORRA, 1996; ROSEN et al., 2001; SAMANIEGO, 2010; KLINE, 2011; NEWCOMBE et al., 2012; HONG et al., 2013; BOLSTAD; CURRAN, 2016), não foram encontrados estudos, nesse contexto, relacionados à fenologia de samambaias epifíticas.

No paradigma Frequentista há um grande número de testes estatísticos para diferentes casos de aplicação (SHESKIN, 2003). Esse aspecto dificulta a escolha do método mais adequado e, por vezes, leva a escolhas arbitrárias. Na inferência Bayesiana não existe um dilema sobre a escolha do método estatístico. O processo é mais simples e resume-se à construção de uma distribuição de probabilidade *a posteriori* – a forma mais completa de expressar conhecimento sobre um fenômeno investigado (KINAS; ANDRADE, 2010).

O principal resultado do teste de hipótese da estatística Frequentista é o *p-value*, sendo que valores $\leq 0,05$ indicam significância estatística sobre a diferença entre as áreas. Contudo, a confiabilidade sobre o *p-value* tem sido fortemente questionada pela comunidade científica (NUZZO, 2014).

Em geral, quando os resultados da estatística Bayesiana apresentaram evidências consideráveis, a abordagem Frequentista apresentou um *p-value* significativo. Esses resultados demonstram aspectos coincidentes entre as duas abordagens. Contudo, ao menos quatro resultados, demonstraram aspectos contraditórios na comparação das variáveis microambientais e na comparação das fenofases entre as áreas.

A RFA apresentou *p-value* de 0,062, ou seja, estatisticamente não houve diferença significativa entre as áreas com relação a essa variável. No entanto, a abordagem Bayesiana demonstrou resultados diferentes. Fortes evidências sobre a diferença entre as áreas foram constatadas. Na borda houve em média $1,123\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ a mais que o interior. Além do mais, a variabilidade da borda também foi superior, com média de $1,382\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ a mais que no interior. Esse aspecto é justificado pela cobertura das árvores mais espaçadas na borda do que no interior, ficando a área mais exposta à radiação solar.

O mesmo aspecto pode ser observado sobre a comparação da precipitação entre borda e interior. Nesse contexto, foi possível inferir o grau de evidência da distinção entre as áreas, bem como quanto a mais houve de precipitação na borda (mediana de 28mm, HDI de 18mm à 38mm), a diferença entre a variabilidade (mediana -2,6mm, HDI -9,22mm à 4,42mm) e a diferença total, que considera médias e variabilidade. O paradigma Frequentista indicou somente a diferença significativa (*p-value* 1,067e-08) entre as áreas, não dando luz à distribuição real desse registro. Com isso, a interpretação errônea na leitura do *p-value* pode simplesmente rejeitar uma hipótese, sem considerar a existência de informações *a priori*. Baker (2016) indica que o uso indevido do *p-value*, considerado uma prova para julgar a força da evidência científica, tem contribuído para uma série de pesquisas que não podem ser reproduzidas.

Para as medidas de interações, a temperatura com a umidade do ar e a precipitação com a umidade do ar não apresentaram significância na abordagem Frequentista. Porém, quando tratadas na Bayesiana, apresentaram diferenças importantes e ainda assinalaram em qual das áreas esses registros foram maiores.

A estatística Frequentista não identificou diferença significativa entre as áreas para a morte foliar de uma das espécies ($p\text{-value} > 0,05$), no entanto, como abordado anteriormente, não é indicado utilizar o $p\text{-value}$ como única evidência para rejeitar uma hipótese. Na análise Bayesiana foi constatada evidência forte, ou seja, a probabilidade pode ser interpretada utilizando graus de evidência.

A [American Statistical Association \(ASA\) \(2016\)](#), pela primeira vez em 177 anos, fez recomendações explícitas sobre um assunto tão fundamental da estatística, desaconselhando os pesquisadores a tirarem conclusões científicas ou tomarem decisões com base somente no $p\text{-value}$ ([WASSERSTEIN; LAZAR, 2016](#)). Além disso, um grupo de 72 notáveis estatísticos ([CHAWLA, 2017](#)) e importantes periódicos da ciência estão banindo o $p\text{-value}$ como evidência científica decisiva ([WOOLSTON, 2015](#)). [Nuzzo \(2014\)](#) relata várias fragilidades da medida, sendo que um dos aspectos de mais destaque são os erros de interpretação. No exemplo de [Baker \(2016\)](#), um $p\text{-value}$ de 0,05 não significa que haja 95% de chance de que uma hipótese seja correta. Na verdade, indica que há uma chance de 5% de obter um resultado pelo menos tão extremo como o observado. Da mesma forma, um $p\text{-value}$ não representa a importância de uma descoberta ([BAKER, 2016](#)); por exemplo, uma variável ambiental pode ter um efeito estatisticamente significativo no aparecimento de alguma fenofase, mas isso pode não representar um efeito no todo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para as três espécies, de maneira geral, a renovação foliar foi a fenofase que apresentou as maiores frequências e intensidades. Essa fenofase teve o fotoperíodo e a umidade relativa do ar como principais preditoras para o seu surgimento.

A formação de esporângios por sua vez, apresentou os menores índices de intensidades e a maior frequência de seu surgimento foi manifestada somente em *P. pectinatiformis*. Essa fenofase apresentou ser mais influenciada por menores temperaturas e índices baixos de radiação.

Por fim, a morte foliar foi a que apresentou a maior continuidade de ocorrências, porém com baixos registros. Essa fenofase foi acelerada pelo aumento da temperatura e por períodos mais secos.

A interação da umidade do ar com a temperatura e da precipitação com a umidade relativa do ar foram as preditoras mais relevantes para a ocorrência de algumas fenofases. Dessa forma, a análise das interações foi importante para identificar o aumento ou a diminuição da manifestação de uma fenofase.

A renovação foliar foi a fenofase mais afetada pelas variações ambientais e a formação de esporângios foi a mais sensível ao efeito de borda. *Campyloneurum nitidum* foi a espécie que mais respondeu aos estímulos ambientais. Com um registro de variáveis preditoras elevado tanto na borda como no interior. O efeito de borda afetou de forma negativa a renovação de suas folhas, porém, um efeito positivo foi relatado para a manifestação de formação de esporângios.

Pecluma pectinatiformis também foi afetada positivamente pelo efeito de borda para a formação de seus esporângios. *Campyloneurum austrobrasilianum* teve a formação de esporângios afetada pelo efeito negativo da borda, ou seja, no interior as plantas ficaram mais férteis.

A morte foliar foi a fenofase que menos sofreu influência das variáveis ambientais, sendo o aumento de temperatura e a falta de água os aceleradores do processo. O registro contínuo da morte das folhas demonstra tolerâncias às variações ambientais dessas espécies. Essa fenofase é o término natural do ciclo de vida de uma folha, não demonstrando muitas relações com os fatores externos analisados para a sua ocorrência.

O método Bayesiano se mostrou de forma eficaz para estudos de fenologia, baseando-se em probabilidades que consideram todas as possíveis funções e suas alterações. Ele forneceu mais informações sobre diferenças entre o comportamento fenológico das plantas e do microclima da borda e do interior, bem como sua relação com as fenofases das plantas monitoradas.

Os resultados das análises Bayesianas utilizadas nesse estudo não rejeitaram ou aceitaram

alguma hipótese, e sim mostraram evidências, que coube ao pesquisador analisar se são efetivamente válidas para sua pesquisa. Na abordagem Frequentista, por vezes as observações em campo não se refletem nas análises estatísticas, especialmente se tratando de fenômenos ecológicos a rejeição ou aceitação significativa pode não representar o que foi observado pelo pesquisador.

Contudo, o presente estudo abordou somente espécies epifíticas, que, com todas suas estratégias de adaptações ao epifitismo, já são mais resistentes às variações do meio físico. Para estudos futuros recomendam-se pesquisas sobre a fenologia de espécies terrícolas, que por sua vez são mais sensíveis às variações do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- American Statistical Association (ASA). American Statistical Association releases statement on statistical significance and *P*-Values: Provides Principles to Improve the Conduct and Interpretation of Quantitative Science. ASA News, 2016. Disponível em: <<http://www.amstat.org/asa/files/pdfs/P-ValueStatement.pdf>>. Citado na página 70.
- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. de; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha — São Paulo. *Revista Árvore*, SciELO, v. 27, p. 257–262, 2003. ISSN 1806-9088. Disponível em: <http://www.SciELO.br/SciELO.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622003000200014&nrm=iso>. Citado na página 66.
- ARROYO, M. T. K.; ARMESTO, J. J.; VILLAGRAN, C. Plant phenological patterns in the high Andean Cordillera of central Chile. *The Journal of Ecology*, JSTOR, p. 205–223, 1981. Citado na página 19.
- ATHAYDE FILHO, F. de P.; WINDISCH, P. G. O gênero *Pecluma* MG Price (Polypodiaceae, Pteridophyta) no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas*, v. 53, p. 65–77, 2003. Citado na página 26.
- BÅÅTH, R. Bayesian First Aid. *tba*, 2013. Disponível em: <<http://www.sumsar.net/blog/2014/01/bayesian-first-aid/>>. Citado na página 33.
- BACKES, A.; PRATES, F. L.; VIOLA, M. G. Produção de serapilheira em Floresta Ombrófila Mista, em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, SciELO, São Paulo, SP, v. 19, n. 1, p. 155–160, 2005. ISSN 0102-3306. Disponível em: <http://www.SciELO.br/SciELO.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062005000100015&nrm=iso>. Citado na página 25.
- BADECK, F.-W.; BONDEAU, A.; BÖTTCHER, K. Responses of spring phenology to climate change. *New Phytologist*, Blackwell Science Ltd, v. 162, n. 2, p. 295–309, 2004. ISSN 1469-8137. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01059.x>>. Citado na página 19.
- BAKER, M. Statisticians issue warning over misuse of P values: Policy statement aims to halt missteps in the quest for certainty. *NEWS*, Nature International weekly journal of science, v. 531, 2016. ISSN 1476-4687. Disponível em: <<https://www.nature.com/news/statisticians-issue-warning-over-misuse-of-p-values-1.19503>>. Citado 2 vezes nas páginas 69 e 70.
- BARROS, I. C. L.; SANTIAGO, A. C. P.; PEREIRA, A. F. de N. Pteridófitas. In: _____. *Diversidade Biológica e Conservação da Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco*. Brasília, DF: [s.n.], 2005. (Biodiversidade, v. 14), cap. 7, p. 149–171. ISBN 85-87166-80-8. Citado na página 22.
- BEKMAN, O. R.; COSTA NETO, P. L. O. *Análise estatística da decisão*. [S.l.]: Editora Edgard Blücher, 1980. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 31.

BEKMAN, O. R.; COSTA NETO, P. L. O. *Análise estatística da decisão*. 2. ed. [S.I.]: Editora Edgard Blücher, 2009. ISBN 978-8-52-120214-1. Citado na página 20.

BENNETT, B. C. Patchiness, diversity, and abundance relationships of vascular epiphytes. *Selbyana*, JSTOR, v. 9, n. 1, p. 70–75, 1986. Citado na página 20.

BENZING, D. H. Vascular epiphytism: taxonomic participation and adaptive diversity. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, JSTOR, v. 74, n. 2, p. 183–204, 1987. Citado na página 20.

BENZING, D. H. Vascular Epiphytes: General Biology and Related Biota. *Journal of Tropical Ecology*, Cambridge University Press, v. 8, n. 1, p. 55–56, 1992. Citado 2 vezes nas páginas 65 e 67.

BERGAMIN, R. S.; MONDIN, C. A. Composição florística e relações fitogeográficas do componente arbóreo de um fragmento florestal no município de Barra do Ribeiro, Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas, Botânica*, Instituto Anchietano de Pesquisas, São Leopoldo, v. 57, p. 217–230, 2006. Disponível em: <<http://www.anchietano.unisinos.br/publicacoes/botanica/botanica57/artigo10.pdf>>. Citado na página 19.

BIERREGAARD, J.; LAURANCE, W. F.; GASCON, C. Principles of forest fragmentation and conservation in the Amazon. *Lessons from Amazonia: The Ecology and Conservation of a Fragmented Forest*. Yale University Press, New Haven, Connecticut, p. 371–385, 2001. Citado na página 19.

BLUME, M.; FLECK, R.; SCHMITT, J. L. Riqueza e composição de filicíneas e licófitas em um hectare de Floresta Ombrófila Mista no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, Instituto de Biociências UFRGS, Porto Alegre, RS, v. 8, n. 4, p. 336–341, 2010. ISSN 1980-4849. Citado na página 65.

BOLSTAD, W. M.; CURRAN, J. M. Comparing Bayesian and Frequentist Inferences for Proportion. In: _____. *Introduction to Bayesian Statistics*. 3. ed. John Wiley & Sons, Inc., 2016. cap. 9, p. 169–192. ISBN 978-1-11-859316-5. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/9781118593165.ch9>>. Citado na página 69.

BONGERS, F.; POPMA, J. Is exposure-related variation in leaf characteristics of tropical rain forest species adaptive. *Plant form and vegetation structure*, Academic Publishing The Hague, p. 191–200, 1988. Citado na página 68.

BRUIJNZEEL, L. A. *Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion*: a state of knowledge review. [S.I.]: Unesco International Hydrological Programme, 1990. Citado na página 66.

CESTARO, L. Estudo microclimático do interior de uma mata de araucária na Estação Ecológica de Aracuri, Esmeralda, RS. *Revista Árvore*, v. 1, n. 12, p. 41–57, 1988. Citado na página 65.

CHAWLA, D. S. Big names in statistics want to shake up much-maligned P value. *NEWS*, Nature International journal of science, 2017. ISSN 1476-4687. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/d41586-017-02190-5>>. Citado na página 70.

CLELAND, E. E.; CHUINE, I.; MENZEL, A. Shifting plant phenology in response to global change. *Trends in ecology & evolution*, Elsevier, v. 22, n. 7, p. 357–365, 2007. Citado na página 19.

- DANCEY, C. P.; REIDY, J. *Estatística sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows*. Bookman, 2006. (Métodos de Pesquisa). ISBN 9788536306889. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=yA2WQwAACAAJ>>. Citado na página 31.
- D'EÇA-NEVES, F. F.; MORELLATO, L. P. C. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. *Acta Botanica Brasilica*, SciELO Brasil, v. 18, n. 1, p. 99–108, 2004. Citado na página 27.
- DEY, D. K.; GHOSH, S. K.; MALLICK, B. K. *Generalized Linear Models: A Bayesian Perspective*. [S.l.]: Taylor & Francis, 2000. (Chapman & Hall/CRC Biostatistics Series). ISBN 978-08-24790-34-9. Citado na página 34.
- DIDHAM, R. K.; LAWTON, J. H. Edge Structure Determines the Magnitude of Changes in Microclimate and Vegetation Structure in Tropical Forest Fragments. *Biotropica*, Association for Tropical Biology and Conservation, v. 31, 1999. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7429.1999.tb00113.x/abstract>>. Citado na página 19.
- DOSE, V.; MENZEL, A. Bayesian analysis of climate change impacts in phenology. *Global Change Biology*, Blackwell Publishing, v. 10, n. 2, p. 259–272, 2004. ISSN 1365-2486. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00731.x>>. Citado na página 23.
- DOSE, V.; MENZEL, A. Bayesian correlation between temperature and blossom onset data. *Global Change Biology*, Wiley Online Library, v. 12, n. 8, p. 1451–1459, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 23.
- DUBUISSON, J.; HENNEQUIN, S.; RAKOTONDRAINIBE, F. Ecological diversity and adaptive tendencies in the tropical fern *Trichomanes* L. (Hymenophyllaceae) with special reference to climbing and epiphytic habits. *Botanical Journal of the Linnean Society*, Blackwell Science Ltd, v. 142, n. 1, p. 41–63, 2003. ISSN 1095-8339. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1046/j.1095-8339.2003.00165.x>>. Citado na página 65.
- FAHRIG, L. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 34, n. 1, p. 487–515, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>>. Citado na página 19.
- FARIAS, R. de P.; COSTA, L. E. N. da; SILVA, I. A. A. da. Phenological studies of selected leaf and plant traits of *Didymochlaena truncatula* (dryopteridaceae) in a brazilian submontane tropical rainforest. *Nordic journal of botany*, Wiley Online Library, v. 33, n. 2, p. 249–255, 2015. Citado na página 66.
- FARIAS, R. de P.; XAVIER, S. R. da S. Fenologia e sobrevivência de três populações de Samambaias em remanescente de Floresta Atlântica Nordestina, Paraíba, Brasil. *Biotemas*, v. 24, n. 2, p. 13–20, 2011a. Citado na página 68.
- FARIAS, R. de P.; XAVIER, S. R. da S. Aspectos fenológicos de *Thelypteris interrupta* (Willd.). Iwats (Thelypteridaceae) na Floresta Atlântica Nordestina, Paraíba, Brasil. *Biotemas*, v. 24, n. 2, p. 91–96, 2011b. Citado 2 vezes nas páginas 66 e 68.
- FARIAS, R. P.; XAVIER, S. R. S. Fenologia foliar de *Blechnum serrulatum* Rich. *Blechnaceae em remanescente de floresta Atlântica no estado da Paraíba, Brasil. Pesquisas, Botânica*, v. 64, p. 297–306, 2013. Citado 3 vezes nas páginas 22, 65 e 66.

- FLONA. A Flona de São Chico. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade — ICMBIO, 2017. Acesso em: 24 de janeiro de 2018. Disponível em: <<http://www.florestanacional.com.br/flonasaochico.html>>. Citado na página 25.
- FONTOURA, T. Bromeliaceae e outras epífitas estratificação e recursos disponíveis para animais na Reserva Ecológica Estadual de Jacarepiá, Rio de Janeiro. *Bromélia*, v. 6, n. 1-4, p. 33–39, 2001. Citado na página 20.
- FOURNIER, O.; CHARPANTIER, C. L.; DUARTE, A. *El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales*. [S.l.], 1974. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 36.
- FRAGA, L. L.; SILVA, L. B. da; SCHMITT, J. L. Composição e distribuição vertical de pteridófitas epífitas sobre *Dicksonia sellowiana* Hook. (Dicksoniaceae), em floresta ombrófila mista no sul do Brasil. *Biota Neotropica*, v. 8, n. 4, p. 123–129, 2008. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199114294024>>. Citado na página 20.
- FRANZ, I.; SCHMITT, J. L. *Blechnum brasiliense* Desv. (Pteridophyta, Blechnaceae): estrutura populacional e desenvolvimento da fase esporofítica. *Pesquisas, Botânica*, v. 56, p. 173–184, 2005. Citado na página 68.
- GELMAN, A.; CARLIN, J.; STERN, H. S. *Bayesian Data Analysis*. 3. ed. [S.l.]: Taylor & Francis, 2013. (Chapman & Hall/CRC Texts in Statistical Science). ISBN 978-14-39840-95-5. Citado na página 20.
- GELMAN, A.; GOODRICH, B.; GABRY, J. R-squared for Bayesian regression models. Department of Statistics Columbia University in the City of New York, 2017. Disponível em: <http://www.stat.columbia.edu/~gelman/research/unpublished/bayes_R2.pdf>. Citado na página 34.
- GERALDINO, H. C. L.; CAXAMBÚ, M. G.; SOUZA, D. C. de. Composição florística e estrutura da comunidade de epífitas vasculares em uma área de ecótono em Campo Mourão, PR, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, SciELO, v. 24, p. 469–482, 2010. ISSN 0102-3306. Disponível em: <http://www.SciELO.br/SciELO.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062010000200018&nrm=iso>. Citado 2 vezes nas páginas 65 e 67.
- GREENLAND, S. International Encyclopedia of Statistical Science. In: _____. New York: Springer Heidelberg Dordrecht London New York, 2011. cap. Interaction, p. 673–674. ISBN 978-3-642-04897-5. Citado na página 30.
- HAMER, K.; HILL, J.; MUSTAFFA, N. Temporal variation in abundance and diversity of butterflies in Bornean rain forests: opposite impacts of logging recorded in different seasons. *Journal of Tropical Ecology*, Cambridge University Press, v. 21, n. 4, p. 417–425, 2005. Citado na página 20.
- HERNANDES, J. L.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; BARDIN, L. Variação estacional da radiação solar em ambiente externo e no interior de floresta semidecídua. *Revista Árvore*, SciELO, v. 28, p. 167–172, 2004. ISSN 1806-9088. Disponível em: <http://www.SciELO.br/SciELO.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622004000200002&nrm=iso>. Citado na página 65.
- HIETZ, P. Fern adaptations to xeric environments. In: _____. *Fern Ecology*. New York: Cambridge University Press, 2010. cap. 5, p. 140–170. ISBN 978-1-13948-768-9. Citado na página 65.

- HIGUCHI, P.; SILVA, A. C. da; FERREIRA, T. S. Floristic composition and phytogeography of the tree component of Araucaria Forest fragments in southern Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, SciELO, v. 35, p. 145–157, 2012. ISSN 0100-8404. Disponível em: <http://www.SciELO.br/SciELO.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84042012000200004&nrm=iso>. Citado na página 19.
- HONG, H.; CARLIN, B. P.; SHAMLIYAN, T. A. Comparing Bayesian and Frequentist Approaches for Multiple Outcome Mixed Treatment Comparisons. *Medical Decision Making*, v. 33, n. 5, p. 702–714, 2013. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0272989X13481110>>. Citado na página 69.
- HORRA, J. D. Ia. Comparing Bayesian and frequentist estimators in the exchangeable case. *Statistics & Probability Letters*, v. 29, n. 1, p. 71–78, 1996. ISSN 0167-7152. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0167715295001573>>. Citado na página 69.
- IBGE. *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro, 1992. 81 p. (Manuais técnicos em geociências, 1). Citado na página 19.
- ŽIVKOVIĆ, T.; QUARTACCI, M. F.; STEVANOVIĆ, B. Low-molecular weight substances in the poikilohydric plant *Ramonda serbica* during dehydration and rehydration. *Plant Science*, v. 168, n. 1, p. 105–111, 2005. ISSN 0168-9452. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168945204003425>>. Citado na página 65.
- JAYNES, E. T. *Probability theory: The logic of science*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2003. Citado na página 20.
- JEFFREYS, H. *The Theory of Probability*. 3. ed. Londres: Oxford University Press, 1961. ISBN 978-01-91589-67-6. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 32.
- KAPOS, V.; WANDELLI, E.; CAMARGO, J. L. Edge-related changes in environment and plant responses due to forest fragmentation in Central Amazonia. In: _____. *Tropical forest remnants: Ecology, management and conservation of fragmented communities*. Chicago, USA: University of Chicago Press, 1997. p. 33–43. Citado na página 19.
- KINAS, P. G.; ANDRADE, H. A. *Introdução à análise bayesiana (com R)*. Porto Alegre, RS: maisQnada, 2010. ISBN 978-85-61797-10-2. Citado 4 vezes nas páginas 21, 31, 32 e 69.
- KLINE, B. The Bayesian and frequentist approaches to testing a one-sided hypothesis about a multivariate mean. *Journal of Statistical Planning and Inference*, Elsevier Science, v. 141, n. 9, p. 3131–3141, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378375811001315>>. Citado na página 69.
- KOVACH, W. Oriana. *Circular statistics for Windows*, v. 3, 2009. Citado na página 31.
- KRESS, W. J. The systematic distribution of vascular epiphytes: an update. *Selbyana*, JSTOR, v. 9, n. 1, p. 2–22, 1986. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 65.
- KRUSCHKE, J. *Doing Bayesian Data Analysis: A Tutorial Introduction with R*. [S.l.]: Elsevier Science, 2010. ISBN 978-01-23814-86-9. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 33.

- KRUSCHKE, J. Bayesian estimation supersedes the t test. *Journal of Experimental Psychology: General*, American Psychological Association, v. 2, n. 142, p. 573–603, 2013. Disponível em: <<http://psycnet.apa.org/record/2012-18082-001>>. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 33.
- KRUSCHKE, J. K.; MEREDITH, M. *BEST*. [S.I.], 2017. R package version 0.5.0. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=BEST>>. Citado na página 33.
- LABIAK, P. H.; HIRAI, R. Y. Polypodiaceae. *Lista de Espécies da Flora do Brasil*, 2010. Citado na página 26.
- LAURANCE, W. F.; MERONA, J. M. R. de; ANDRADE, A. Rain-forest fragmentation and the phenology of Amazonian tree communities. *Journal of Tropical Ecology*, Cambridge University Press, v. 19, n. 3, p. 343–347, 2003. Disponível em: <<https://goo.gl/W3sEjo>>. Citado na página 19.
- LEE, P.-H.; CHIOU, W.-L.; HUANG, Y.-M. Phenology of three *Cyathea* (Cyatheaceae) ferns in northern Taiwan. *Taiwan Journal of Forest Science*, Taiwan Forestry Research Institute, v. 24, n. 4, p. 233–242, 2009. Citado na página 67.
- LORSCHUITTER, M. L.; ASHRAF, A. R.; GÜNTER, P. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil Part V. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 2005. Citado na página 26.
- MADISON, M. Vascular epiphytes: their systematic occurrence and salient features. *Selbyana*, Marie Selby Botanical Gardens, Inc, v. 2, n. 1, p. 1–13, 1977. ISSN 0361185X. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/41759613>>. Citado na página 65.
- MCCARTHY, M. A. *Bayesian Methods for Ecology*. [S.I.]: Cambridge University Press, 2007. ISBN 978-11-39463-87-4. Citado na página 33.
- MEDRI, M. E.; LLERAS, E. Aspectos da anatomia ecológica de folhas de *Hevea brasiliensis* Müell. Arg. *Acta Amazonica*, SciELO Brasil, v. 10, n. 3, p. 463–493, 1980. Citado na página 68.
- MEHLTRETER, K. Phenology and habitat specificity of tropical ferns. *Biology and evolution of ferns and lycophytes*, v. 1, p. 201–221, 2008b. Citado na página 19.
- MEHLTRETER, K.; GARCÍA-FRANCO, J. G. Leaf phenology and trunk growth of the deciduous tree fern *Alsophila firma* (Baker) DS Conant in a lower montane Mexican forest. *American Fern Journal*, BioOne, v. 98, n. 1, p. 1–13, 2008a. Citado na página 19.
- MEHLTRETER, K.; PALACIOS-RIOS, M. Phenological studies of *Acrostichum danaeifolium* (Pteridaceae, Pteridophyta) at a mangrove site on the Gulf of Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, Cambridge University Press, v. 19, n. 2, p. 155–162, 2003. Citado na página 68.
- MICROSOFT. *Microsoft R Open 3.4.2: The Enhanced R Distribution*. [S.I.], 2017. Disponível em: <<https://mran.microsoft.com>>. Citado na página 33.
- MMA/SBF. Biodiversidade Brasileira: Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. Ministério do Meio Ambiente Secretaria de Biodiversidade e Florestas (MMA/SBF), Brasília, DF, 2002. Disponível em: <<https://goo.gl/3u4UQB>>. Citado na página 19.

MORELLATO, L. P. C.; CAMARGO, M. G. G.; FERNANDA, F. The influence of sampling method, sample size, and frequency of observations on plant phenological patterns and interpretation in tropical forest trees. In: *Phenological research*. [S.l.]: Springer, 2010a. p. 99–121. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 27.

MORELLATO, L. P. C.; ALBERTI, L.; HUDSON, I. L. Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. In: *Phenological research*. [S.l.]: Springer, 2010b. p. 339–359. Citado na página 31.

MORELLATO, L. P. C.; ALBERTON, B.; ALVARADO, S. T. Linking plant phenology to conservation biology. *Biological Conservation*, Elsevier, v. 195, p. 60–72, 2016. Citado na página 19.

MÜLLER, A.; CUNHA, S.; SCHMITT, J. L. Efeitos climáticos sobre a fenologia de *Lindsaea lancea* (L.) Bedd. (Lindsaeaceae) em fragmento de floresta Atlântica no sul do Brasil. *Interciencia*, Caracas, Venezuela, v. 41, n. 1, p. 34–39, 2016. ISSN 0378-1844. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33943362006>>. Citado 3 vezes nas páginas 65, 66 e 68.

NAGELKERKE, N. J. A note on a general definition of the coefficient of determination. *Biometrika*, Oxford University Press, v. 78, n. 3, p. 691–692, 1991. Citado na página 34.

NAKAZAWA, M. *fmsb*: Functions for Medical Statistics Book with some Demographic Data. [S.l.], 2017. R package version 0.6.1. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=fmsb>>. Citado na página 34.

NEWCOMBE, P. J.; RECK, B. H.; SUN, J. A Comparison of Bayesian and Frequentist Approaches to Incorporating External Information for the Prediction of Prostate Cancer Risk. *Genetic Epidemiology*, John Wiley & Sons, v. 36, 2012. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3791431/>>. Citado na página 69.

NUZZO, R. Scientific method: Statistical errors: P values, the 'gold standard' of statistical validity, are not as reliable as many scientists assume. *NEWS*, Nature International weekly journal of science, v. 506, 2014. ISSN 1476-4687. Disponível em: <<http://www.nature.com/news/scientific-method-statistical-errors-1.14700>>. Citado 4 vezes nas páginas 20, 32, 69 e 70.

PACIENCIA, M. L. B.; PRADO, J. Efeitos de borda sobre a comunidade de pteridófitas na Mata Atlântica da região de Una, sul da Bahia, Brasil. *Brazilian Journal of Botany*, SciELO, v. 27, p. 641–653, 2004. ISSN 0100-8404. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042004000400005>>. Citado na página 22.

PACIENCIA, M. L. B.; PRADO, J. Effects of forest fragmentation on pteridophyte diversity in a tropical rain forest in Brazil. *Plant Ecology*, Springer, v. 180, n. 1, p. 87–104, 2005. Citado na página 22.

PADOIN, T. O. H.; MÜLLER, A.; SCHMITT, J. L. Fenologia de *Blechnum acutum* (Desv.) Mett. (Blechnaceae) em Floresta Atlântica Subtropical (Phenology of *Blechnum acutum* (Desv.) Mett. (Blechnaceae) in Atlantic Subtropical Forest). *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 9, n. 6, p. 1644–1656, 2016. Citado 5 vezes nas páginas 22, 65, 66, 67 e 68.

- PAGE, C. N. Ecological strategies in fern evolution: a neopteridological overview. *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 119, n. 1, p. 1–33, 2002. ISSN 0034-6667. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034666701001270>>. Citado 2 vezes nas páginas 65 e 67.
- PARKHURST, D. F.; LOUCKS, O. Optimal leaf size in relation to environment. *The Journal of Ecology*, JSTOR, p. 505–537, 1972. Citado na página 68.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and earth system sciences discussions*, v. 4, n. 2, p. 439–473, 2007. Citado na página 25.
- PEREIRA, A. F. de N.; SILVA, I. A. A. da; SANTIAGO, A. C. P. Efeito de borda sobre a comunidade de samambaias em fragmento de Floresta Atlântica (Bonito, Pernambuco, Brasil). v. 39, n. 4, p. 281, 2014. ISSN 0378-1844. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33930412012>>. Citado na página 20.
- R CORE TEAM. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria, 2017. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Citado na página 33.
- RANAL, M. Desenvolvimento de *Polypodium hirsutissimum* Raddi (Pteridophyta, Polypodiaceae) em condições naturais. *Acta Botanica Brasilica*, SciELO Brasil, v. 7, n. 2, p. 3–15, 1993. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 67.
- RANAL, M. A. Estabelecimento de pteridófitas em mata mesófila semidecídua do Estado de São Paulo. 3. Fenologia e sobrevivência dos indivíduos. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 55, n. 4, p. 777–787, 1995. Citado 3 vezes nas páginas 22, 66 e 67.
- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, 2009. ISSN 0006-3207. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320709000974>>. Citado na página 19.
- ROLIM, L. B.; SALINO, A. Polypodiaceae Bercht & J. Presl (Polypodiopsida) no Parque Estadual do Itacolomi, MG, Brasil. *Lundiana*, v. 9, n. 2, p. 83–106, 2008. Citado na página 26.
- ROSEN, O.; JIANG, W.; KING, G. Bayesian and Frequentist Inference for Ecological Inference: The RxC Case. *Statistica Neerlandica*, John Wiley & Sons, v. 55, p. 134–156, 2001. Citado na página 69.
- SAMANIEGO, F. J. *A Comparison of the Bayesian and Frequentist Approaches to Estimation*. Springer-Verlag New York, 2010. (Springer Series in Statistics). ISBN 978-1-4419-5941-6. Disponível em: <<http://www.springer.com/gp/book/9781441959409>>. Citado na página 69.
- SCHLEIP, C.; MENZEL, A.; DOSE, V. Norway spruce (*Picea abies*): Bayesian analysis of the relationship between temperature and bud burst. *Agricultural and forest meteorology*, Elsevier, v. 148, n. 4, p. 631–643, 2008. Citado na página 23.
- SCHLEIP, C.; MENZEL, A.; DOSE, V. Bayesian methods in phenology. In: *Phenological Research*. [S.l.]: Springer, 2010. p. 229–254. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 23.

- SCHLEIP, C.; MENZEL, A.; ESTRELLA, N. The use of Bayesian analysis to detect recent changes in phenological events throughout the year. *Agricultural and forest meteorology*, Elsevier, v. 141, n. 2, p. 179–191, 2006. Citado na página 23.
- SCHMITT, J.; WINDISCH, P. Caudex growth and phenology of *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae) in secondary forest, southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, SciELO, v. 72, p. 397–405, 2012. ISSN 1519-6984. Disponível em: <http://www.SciELO.br/SciELO.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842012000200023&nrm=iso>. Citado na página 66.
- SCHMITT, J. L.; SCHNEIDER, P. H.; WINDISCH, P. G. Crescimento do cáudice e fenologia de *Dicksonia sellowiana* Hook.(Dicksoniaceae) no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, Sociedade Botânica do Brasil, v. 23, n. 1, p. 289–291, 2009. Citado na página 68.
- SCHMITT, J. L.; WINDISCH, P. G. Estrutura populacional e desenvolvimento da fase esporófitica de *Cyathea delgadii* Sternb.(Cyatheaceae, Monilophyta) no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, SciELO Brasil, v. 21, n. 3, p. 731–740, 2007. Citado na página 68.
- SCHWARTSBURD, P. B.; LABIAK, P. H. Pteridophytes from Vila Velha State Park, Ponta Grossa, Paraná, Brazil. *Hoehnea*, SciELO Brasil, v. 34, n. 2, p. 159–209, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 67.
- SEITZ, R. A. Estudo da variação da radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar no interior de uma mata de *Araucaria angustifolia* em relação ao terreno livre. *Floresta*, v. 7, n. 2, 1976. Citado na página 65.
- SHESKIN, D. J. *Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures*. 3. ed. [S.l.]: CRC Press, 2003. 140–142 p. ISBN 978-1-42-003626-8. Citado na página 69.
- SILVA, I.; PEREIRA, A.; BARROS, I. Edge effects on fern community in an Atlantic Forest remnant of Rio Formoso, PE, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, SciELO Brasil, v. 71, n. 2, p. 421–430, 2011. Citado na página 22.
- SILVA, V. L. da; MALLMANN, I. T.; SCHMITT, J. L. Impact of edge effect on the community of epiphytic ferns in araucaria forest. *RBCIAMB*, n. 45, p. 19–32, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5327/Z2176-947820170229>>. Citado 3 vezes nas páginas 20, 23 e 65.
- SILVA, V. L. da; SCHMITT, J. L. The effects of fragmentation on Araucaria forest: analysis of the fern and lycophyte communities at sites subject to different edge conditions. *Acta Botanica Brasilica*, SciELO Brasil, v. 29, n. 2, p. 223–230, 2015. Disponível em: <<http://www.citeulike.org/user/Flit/article/727164>>. Citado 3 vezes nas páginas 19, 20 e 22.
- SIQUEIRA, L. P. de; MATOS, M. B. de; MATOS, D. M. S. Using the variances of microclimate variables to determine edge effects in small forest Atlantic Rain Forest fragments, South-Eastern Brazil. *ECOTROPICA*, Society for Tropical Ecology, n. 10, p. 59–64, 2004. Disponível em: <<https://goo.gl/CJg85D>>. Citado na página 19.
- SOUZA, K. R.; BARROS, I. C. L.; ALVES, G. D. Fenologia de *Anemia tomentosa* (Sav.) Sw. var. *anthriscifolia* (Schrad.) Mickel em fragmento de Floresta Semidecídua, Nazaré da Mata, Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 5, n. S2, p. 486, 2007. Citado na página 66.

- SOUZA, K. R. M. S. de; SILVA, I. A. A. da; FARIAS, R. de P. Fenologia de três espécies de *Adiantum* L. (Pteridaceae) em fragmento de Floresta Atlântica no estado de Pernambuco, Brasil. *Neotropical Biology and Conservation*, Unisinos, v. 2, n. 8, p. 96–102, 2013. Disponível em: <<http://revistas.unisinos.br/index.php/neotropical/article/viewFile/nbc.2013.82.05/2454>>. Citado 2 vezes nas páginas 65 e 68.
- TROPICOS.ORG. *Campyloneurum austrobrasiliense* (Alston) de la Sota. Missouri Botanical Garden, 2017a. Acesso em: 24 de janeiro de 2018. Disponível em: <<http://tropicos.org/Name/50095172>>. Citado na página 26.
- TROPICOS.ORG. *Pecluma pectinatiformis* (Lindl.) M.G. Price. Missouri Botanical Garden, 2017b. Acesso em: 24 de janeiro de 2018. Disponível em: <<http://tropicos.org/Name/26610128>>. Citado na página 26.
- VASQUES, D. T.; PRADO, J. *Campyloneurum* C. Presl (Polypodiaceae) in São Paulo state, Brazil. *Hoehnea*, SciELO Brasil, v. 38, n. 2, p. 147–164, 2011. Citado na página 26.
- WALLACE, B. J. Vascular epiphytism in Australo-Asia. *Ecosystems of the world*. Disponível em: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201301770880>>. Citado na página 20.
- WASSERSTEIN, R. L.; LAZAR, N. A. The ASA's Statement on p-Values: Context, Process, and Purpose. *The American Statistician*, Taylor & Francis, v. 70, n. 2, p. 129–133, 2016. Disponível em: <<http://amstat.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00031305.2016.1154108#.Vt2XIOaE2MN>>. Citado na página 70.
- WOOLSTON, C. Psychology journal bans P values: Test for reliability of results 'too easy to pass'. *Comment*, Nature International weekly journal of science, v. 519, 2015. ISSN 0028-0836. Disponível em: <<https://www.nature.com/news/psychology-journal-bans-p-values-1.17001>>. Citado na página 70.
- ZAR, J. H. *Biostatistical Analysis*. 5. ed. [S.l.]: Pearson Education Limited, 2014. ISBN 978-12-92024-04-2. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 36.
- ZIMMERMAN, J. K.; WRIGHT, S. J.; CALDERÓN, O. Flowering and fruiting phenologies of seasonal and aseasonal neotropical forests: the role of annual changes in irradiance. *Journal of Tropical Ecology*, Cambridge University Press, v. 23, n. 2, p. 231–251, 2007. Citado na página 20.
- ZOTZ, G. The systematic distribution of vascular epiphytes – a critical update. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 171, n. 3, p. 453–481, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/boj.12010>>. Citado na página 20.

Apêndices

APÊNDICE A – Gráficos das análises Bayesianas para comparação da borda com o interior

A.1 Comparação das variáveis microambientais da borda com as do interior

A.1.1 Temperatura na borda e no interior

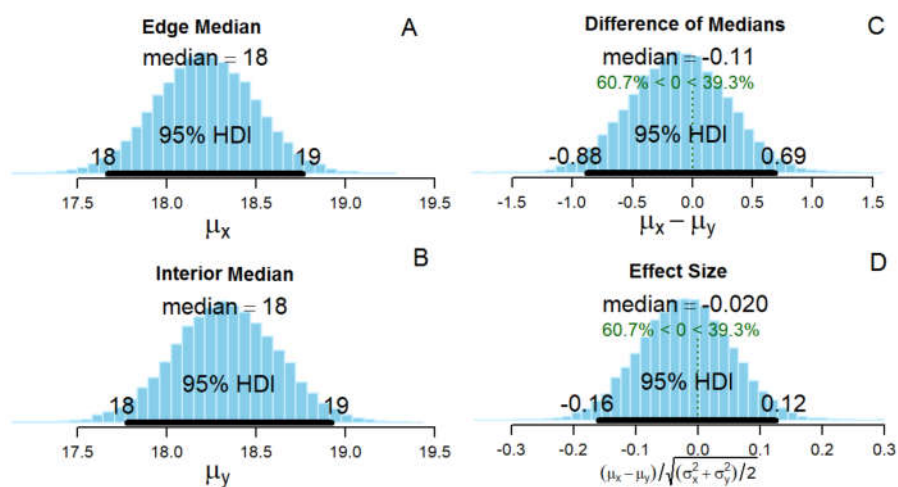


Figura 11 – Comparação da temperatura na borda com o interior. A - Média da Borda; B - Média do Interior; C - Diferença das médias entre borda e interior e D - Distinção total entre as áreas, considerando diferença de médias e desvios padrões.

A.1.2 Umidade do ar na borda e no interior

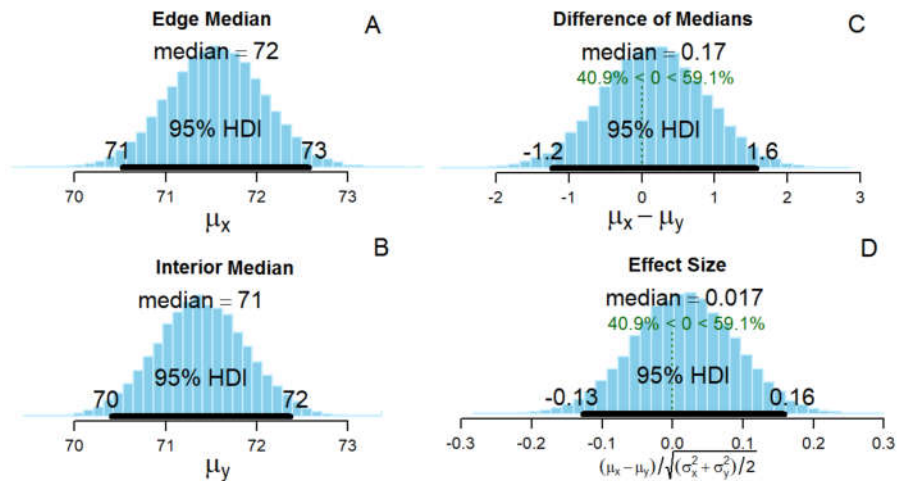


Figura 12 – Comparação da umidade do ar na borda com o interior. A - Média da Borda; B - Média do Interior; C - Diferença das médias entre borda e interior e D - Distinção total entre as áreas, considerando diferença de médias e desvios padrões.

A.1.3 Interação da temperatura com a umidade do ar na borda e no interior

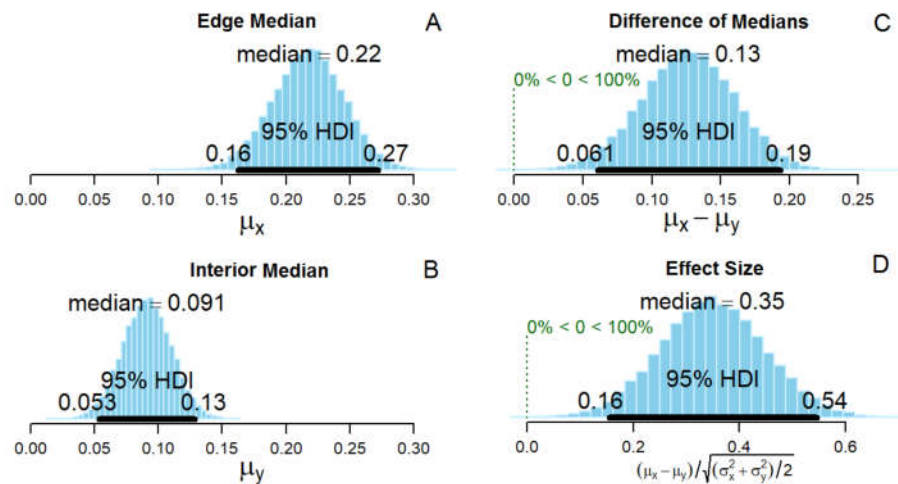


Figura 13 – Comparação da interação da temperatura com a umidade do ar na borda com o interior. A - Média da Borda; B - Média do Interior; C - Diferença das médias entre borda e interior e D - Distinção total entre as áreas, considerando diferença de médias e desvios padrões.

A.1.4 Precipitação na borda e no interior

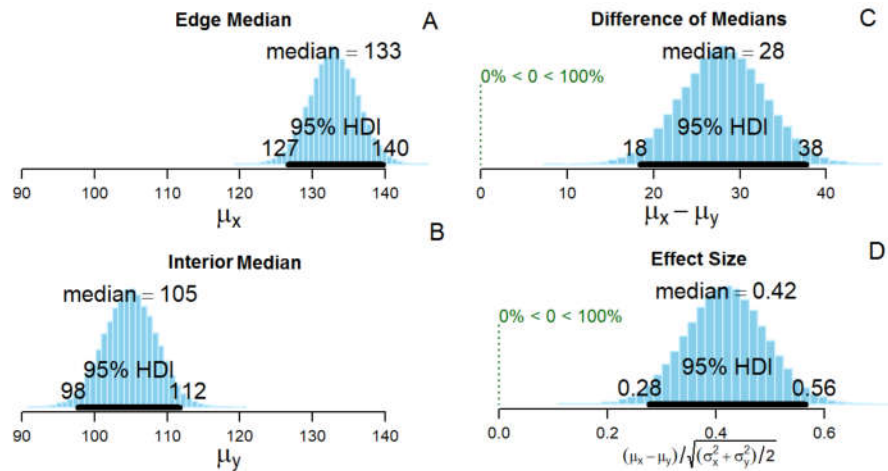


Figura 14 – Comparação da precipitação na borda com o interior. A - Média da Borda; B - Média do Interior; C - Diferença das médias entre borda e interior e D - Distinção total entre as áreas, considerando diferença de médias e desvios padrões.

A.1.5 Interação da precipitação com a umidade do ar na borda e no interior

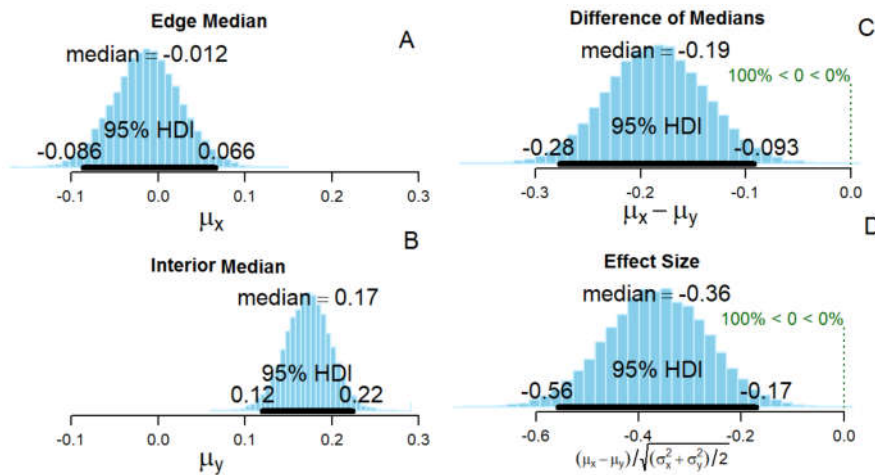


Figura 15 – Comparação da interação da precipitação com a umidade do ar na borda com o interior. A - Média da Borda; B - Média do Interior; C - Diferença das médias entre borda e interior e D - Distinção total entre as áreas, considerando diferença de médias e desvios padrões.

A.1.6 RFA na borda e no interior

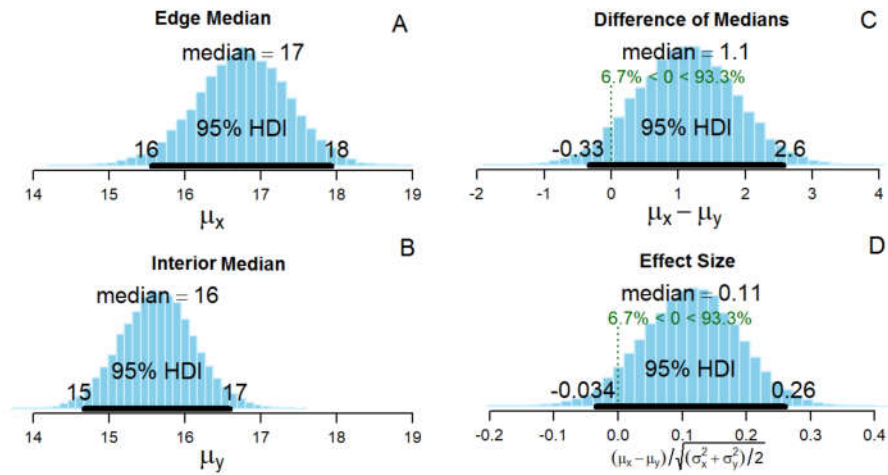


Figura 16 – Comparação da RFA na borda com o interior. A - Média da Borda; B - Média do Interior; C - Diferença das médias entre borda e interior e D - Distinção total entre as áreas, considerando diferença de médias e desvios padrões.

A.1.7 Interação da RFA com a temperatura na borda e no interior

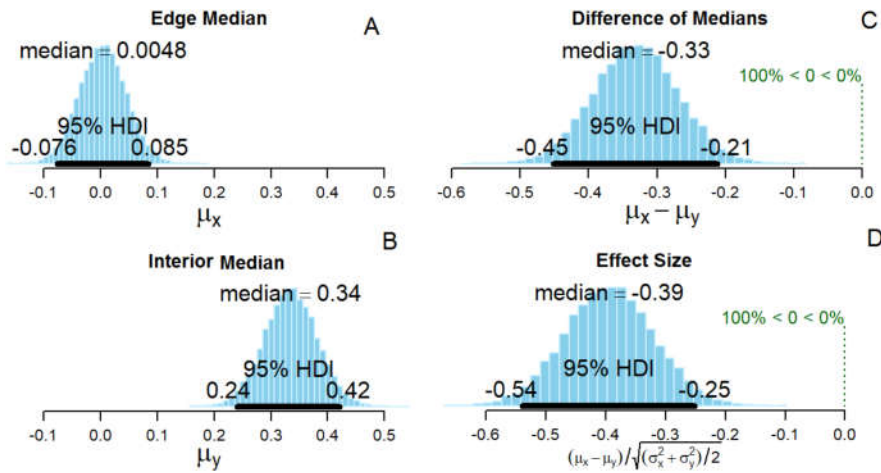


Figura 17 – Comparação da interação da RFA com a temperatura na borda com o interior. A - Média da Borda; B - Média do Interior; C - Diferença das médias entre borda e interior e D - Distinção total entre as áreas, considerando diferença de médias e desvios padrões.

A.2 Comparação das fenofases da borda com as do interior

A.2.1 *Campyloneurum austrobrasilianum*

A.2.1.1 Renovação foliar entre borda e interior

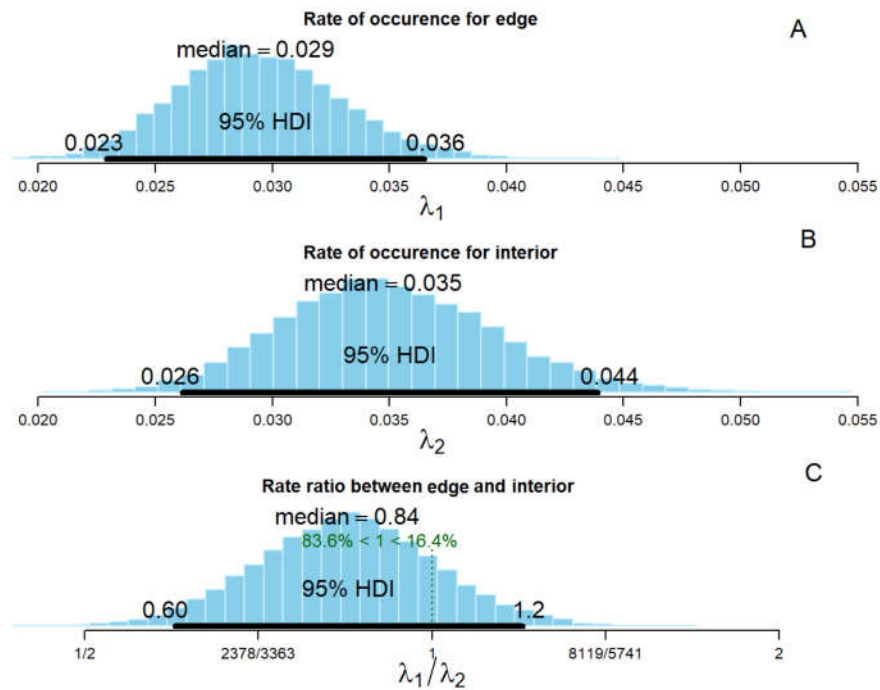


Figura 18 – Comparação da renovação foliar da *Campyloneurum austrobrasilianum* na borda com o interior. A-Taxa média de folhas na borda; B-Taxa média de folhas no interior; C-Diferença entre a taxa média de folhas da borda com a do interior.

A.2.1.2 Formação de esporângios entre borda e interior

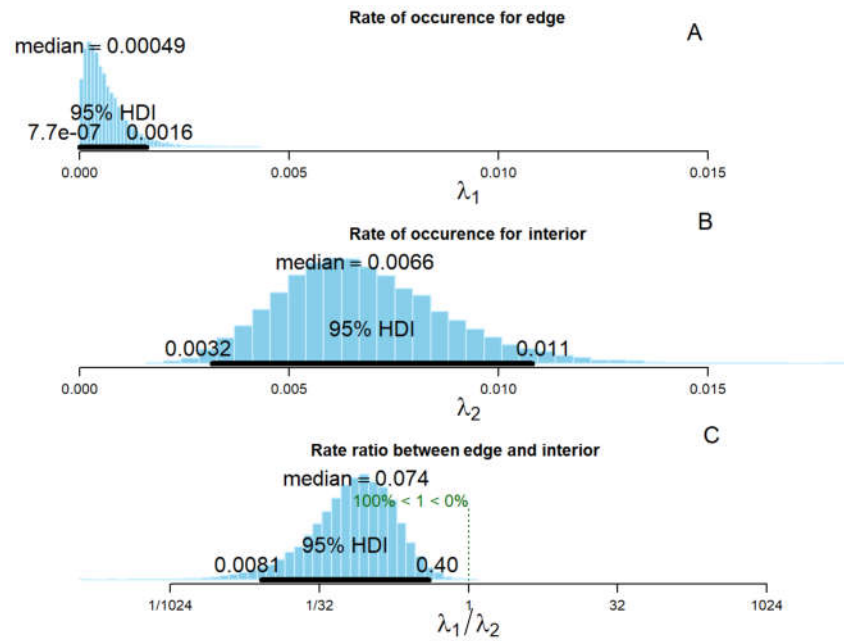


Figura 19 – Comparação da formação de esporângios da *Campyloneurum austrobrasilianum* na borda com o interior. A-Taxa média de folhas na borda; B-Taxa média de folhas no interior; C-Diferença entre a taxa média de folhas da borda com a do interior.

A.2.1.3 Morte foliar entre borda e interior

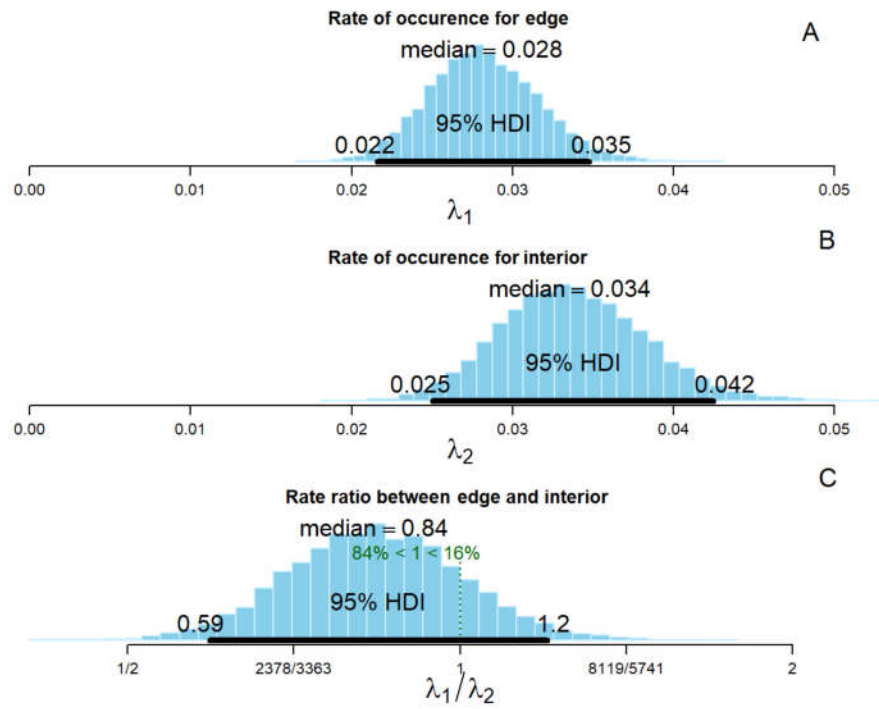


Figura 20 – Comparação da morte foliar da *Campyloneurum austrobrasilianum* na borda com o interior A-Taxa média de folhas na borda; B-Taxa média de folhas no interior; C-Diferença entre a taxa média de folhas da borda com a do interior.

A.2.2 *Campyloneurum nitidum*

A.2.2.1 Renovação foliar entre borda e interior

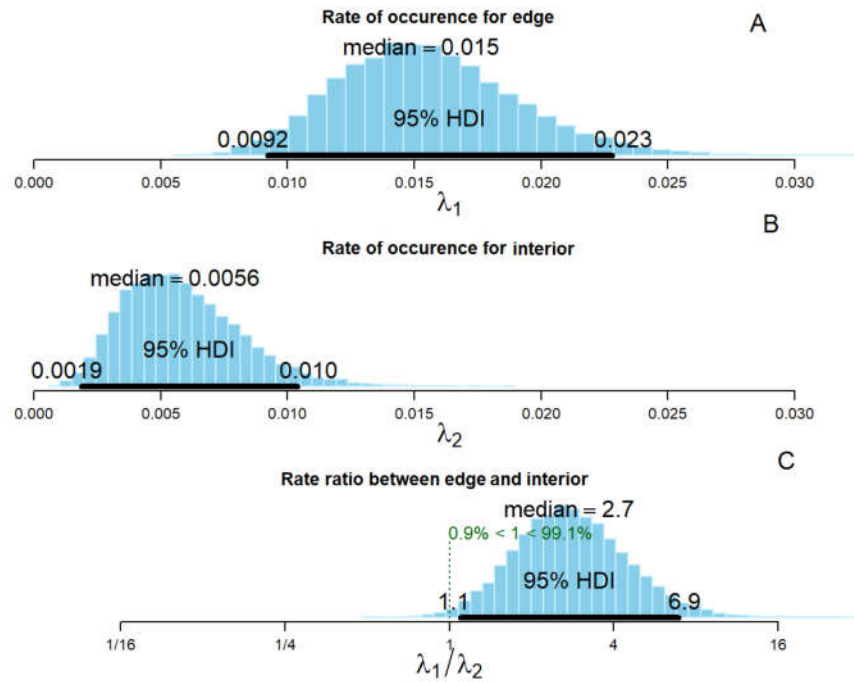


Figura 21 – Comparação da renovação foliar da *Campyloneurum nitidum* na borda com o interior. A-Taxa média de folhas na borda; B-Taxa média de folhas no interior; C-Diferença entre a taxa média de folhas da borda com a do interior.

A.2.2.2 Formação de esporângios entre borda e interior

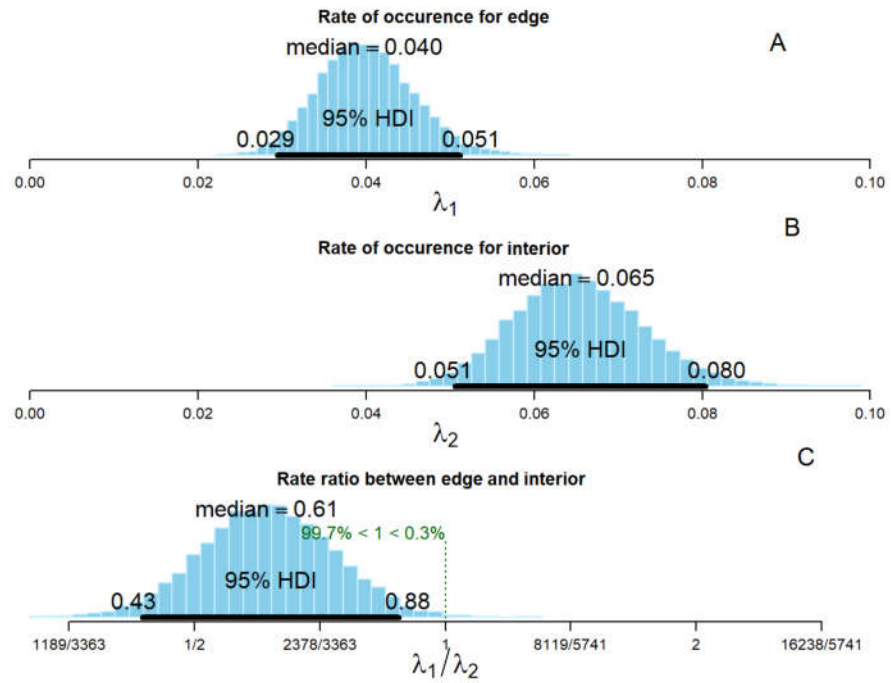


Figura 22 – Comparação da formação de esporângios da *Campyloneurum nitidum* na borda com o interior. A-Taxa média de folhas na borda; B-Taxa média de folhas no interior; C-Diferença entre a taxa média de folhas da borda com a do interior.

A.2.2.3 Morte foliar entre borda e interior

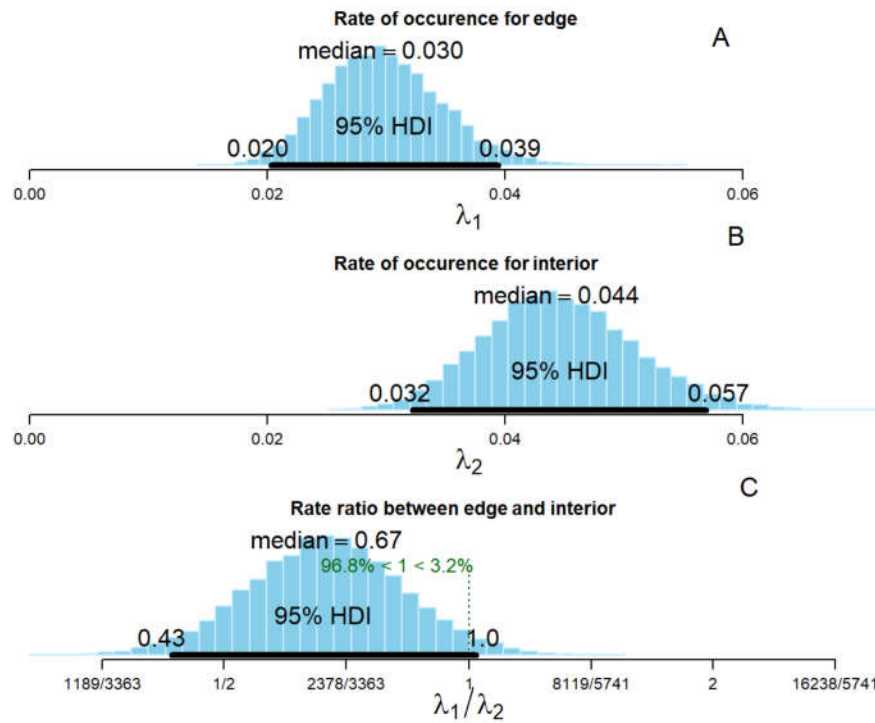


Figura 23 – Comparação da morte foliar da *Campyloneurum nitidum* na borda com o interior. A-Taxa média de folhas na borda; B-Taxa média de folhas no interior; C-Diferença entre a taxa média de folhas da borda com a do interior.

A.2.3 *Pecluma pectinatiformis*

A.2.3.1 Renovação foliar entre borda e interior

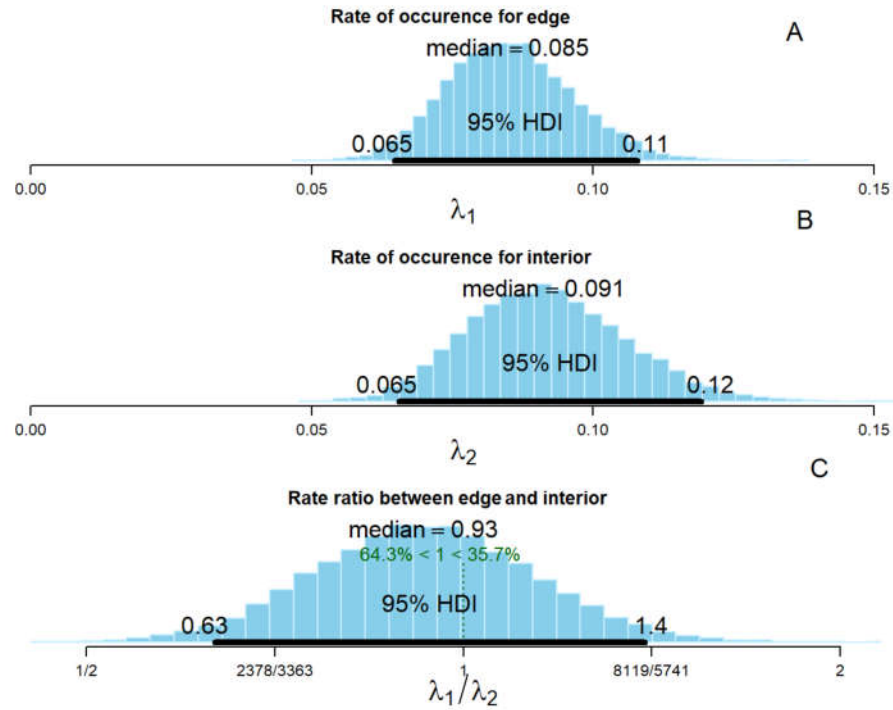


Figura 24 – Comparação da renovação foliar da *Pecluma pectinatiformis* na borda com o interior. A-Taxa média de folhas na borda; B-Taxa média de folhas no interior; C-Diferença entre a taxa média de folhas da borda com a do interior.

A.2.3.2 Formação de esporângios entre borda e interior

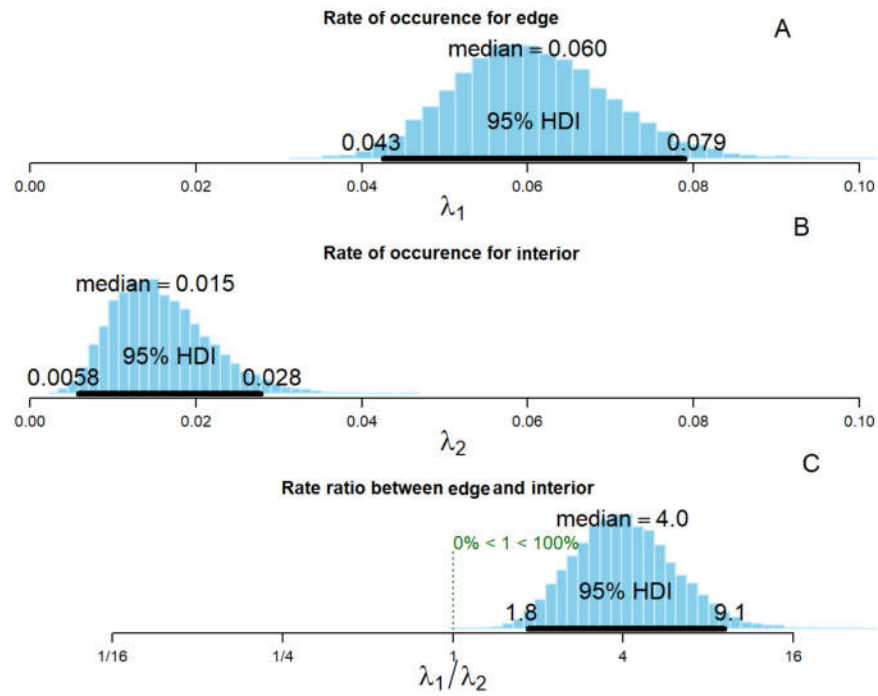


Figura 25 – Comparação da formação de esporângios da *Pecluma pectinatiformis* na borda com o interior. A-Taxa média de folhas na borda; B-Taxa média de folhas no interior; C-Diferença entre a taxa média de folhas da borda com a do interior.

A.2.3.3 Morte foliar entre borda e interior

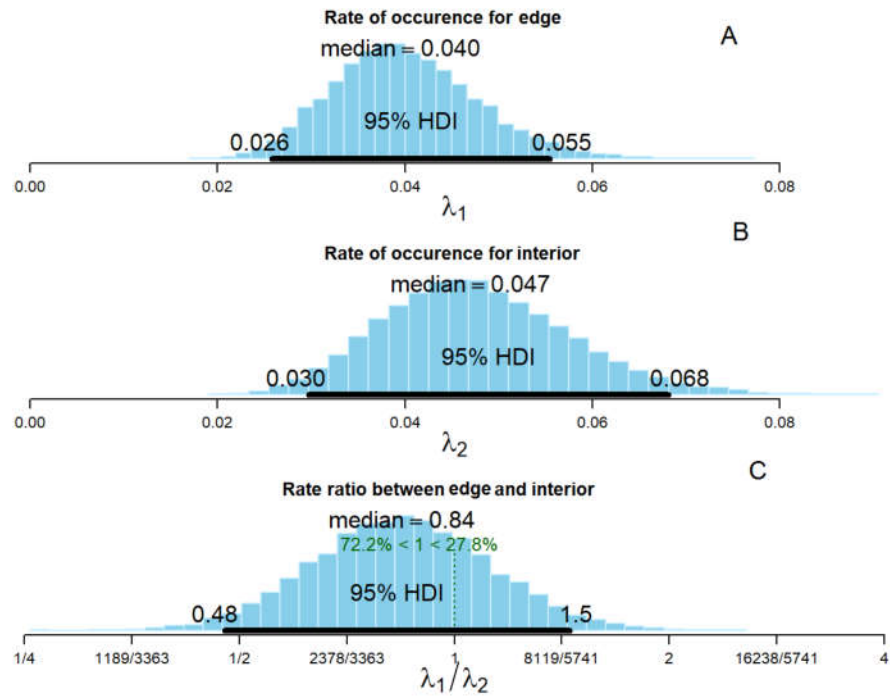


Figura 26 – Comparação da morte foliar da *Pecluma pectinatiformis* na borda com o interior. A-Taxa média de folhas na borda; B-Taxa média de folhas no interior; C-Diferença entre a taxa média de folhas da borda com a do interior.