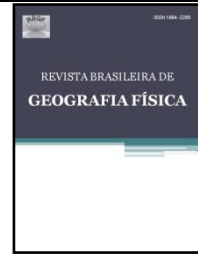




Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>



Adaptações estruturais e potencial plástico de *Schinus terebinthifolia* Raddi. (Anacardiaceae) em diferentes formações de restinga

João Carlos Ferreira de Melo Júnior¹, Taise Milena Gonçalves², Raissa Iana Leite Jardim³

¹Dr. em Ecologia e Conservação, Professora Titular, Laboratório de Morfologia e Ecologia Vegetal da Universidade da Região de Joinville - Rua Paulo Maschitzki, 10, CEP 89219-710, Joinville, SC, Brasil. joao.melo@univille.br (autor correspondente). ²Graduanda em Ciências Biológicas Bacharelado em Biodiversidade e Meio Ambiente na Universidade da Região de Joinville. ³Graduanda em Ciências Biológicas Bacharelado em Biodiversidade e Meio Ambiente na Universidade da Região de Joinville.

Artigo recebido em 08/03/2019 e aceito em 15/11/2019

RESUMO

Plantas da Restinga se desenvolvem sob condições ambientais heterogêneas, principalmente quando se distribuem ao longo de um gradiente. O presente estudo avaliou as adaptações morfoanatômicas foliares de *Schinus terebinthifolia* Raddi. (Anacardiaceae) ocorrente em perfis fitofisionômicos de restinga: arbustiva, arbustivo-arbórea e floresta de transição. Em cada perfil fitofisionômico foram selecionados dez indivíduos dos quais foram coletadas quinze folhas totalmente expandidas para análise de atributos morfoanatômicos funcionais, tais como: massa fresca e seca, área foliar, área específica foliar, densidade foliar e estomática e espessura de tecidos. Variáveis ambientais como nutrição edáfica e radiação luminosa foram mensuradas. As populações foram comparadas por meio de ANOVA e PCA. Os atributos anatômicos mostraram-se menos plásticos que os morfológicos. As populações mostraram-se distintas entre si, sendo tipicamente xeromórfica na formação arbustiva e mesomórfica na fisionomia florestal, em função da oferta nutricional do solo, além da variância de temperatura e umidade. As diferenças encontradas são uma resposta aos fatores ambientais, principalmente ao gradiente edáfico que atua como um filtro ambiental que direcionada as adaptações estruturais da espécie.

Palavras-chave: conservação da biodiversidade, morfoanatomia foliar, gradiente edáfico, plasticidade fenotípica, escleromorfismo oligotrófico

Structural adaptations and plastic potential of *Schinus terebinthifolia* Raddi. (Anacardiaceae) in different Restinga formations

ABSTRACT

Restinga plants develop under heterogeneous environmental conditions, mainly when are distributed along a gradient. The present study evaluated the foliar morphoanatomy adaptations in *Schinus terebinthifolia* Raddi. (Anacardiaceae) occurring in three different formations of Restinga: shrubby restinga, shrubby and wooded restinga and transition forest. In each formation were selected ten individuals were selected from which 15 fully expanded leaves were collected for analysis of function morphoanatomic attributes. Environmental variables as edaphic nutrition and light radiation were measured. Populations had been compared by analysis of variance (ANOVA) and PCA. The anatomic attributes were less plastic than the morphologic. The populations were distinct from each other, being typically xeromorphic in the shrubby formation and mesomorphic in transition forest, as a function of a better or worse supply of soil nutrition. The differences found are an answer to the environmental factors, mainly the edaphic gradient which acts as an environmental filter that directs the structural adaptations of the species.

Keywords: conservation of biodiversity, leaf morphoanatomy, edaphic gradient, phenotypic plasticity, oligotrophic scleromorphism.

Introdução

As plantas tendem a se adaptar às diversas formações criando estratégias de sobrevivência por meio de alterações estruturais morfoanatômicas e fisiológicas (Melo Jr. e Boeger, 2015b). Os

recursos/fatores ambientais que mais exercem influência no desenvolvimento das plantas são: intensidade luminosa, temperatura, a nutrição edáfica, saturação hídrica e umidade (Craine e

Dybzinski, 2013). Ambientes heterogêneos, com maior variação dos fatores abióticos, tendem a influenciar diretamente no processo de adaptação das plantas, as quais valem do seu genótipo para ajustar seu fenótipo em resposta às mudanças do meio (Gratani, 2014; Valladares et al., 2018). A essa capacidade é atribuído o conceito de plasticidade fenotípica (Valladares et al., 2007; Gratani, 2014), que, em geral, ocorre de forma modularizada, afetando tecidos ou certos órgãos da planta (De Kroon et al., 2005), como a folha que, em função de sua maior exposição ao ambiente, é tida como o órgão mais plástico da planta (Scoffoni, 2015).

Informações sobre mudanças no ambiente são sentidas pelas folhas maduras por meio de mecanismos sensoriais e determinam a expressão de características nas folhas novas (Yano e Terashima, 2001). Os ajustes funcionais desenvolvidos pelas plantas são oriundos do seu potencial plástico (Gratani, 2014), exercendo influência direta sobre sua sobrevivência em condições ambientais heterogêneas, como o que tem sido registrado em vários estudos realizados em ambiente de restinga (Boeger e Gluzezak, 2006; Melo Jr. e Boeger, 2015b; Bachtold e Melo Jr., 2015; Liberato e Melo Jr., 2016; Silva et al., 2016; Amorim e Melo Jr., 2017a, Amorim e Melo Jr., 2017c, Silva e Melo Jr. 2017; Cabral et al., 2018).

A restinga compreende um complexo vegetacional formado por comunidades vegetais instaladas, em geral, ao longo de um gradiente ambiental influenciado pela condição nutricional do solo tipicamente arenoso (Melo Jr. e Boeger, 2015b; Melo Jr. e Boeger, 2018). Ocorre ao longo da planície costeira brasileira sobre solos arenosos do Quaternário expostos pela oscilação do nível do mar nos últimos 18 mil anos (Pereira e Araujo, 2000), sendo também fortemente influenciada pela ação dos ventos, do mar ou rios ou combinação destes (Bigarella, 2001). As areias desnudas foram gradativamente colonizadas por espécies provenientes do Cerrado, da Caatinga e de outros ecossistemas da Mata Atlântica e passaram a comportar espécies aclimatadas à faixa litorânea (Araujo, 2000). As plantas de Restinga estão sob condições extremas caracterizadas pela grande influência marinha, alta incidência luminosa, elevada salinidade, constante exposição ao vento, baixa fertilidade do solo e baixa capacidade de retenção de água (Melo Jr. e Boeger, 2015b), as quais geram um filtro ambiental para o estabelecimento e desenvolvimento das espécies (Melo Jr. e Boeger, 2017). Distingue-se em formações com fisionomias distintas a partir do distanciamento do mar, partindo de uma vegetação majoritariamente herbácea próxima ao mar até

comunidades florestais mais fechadas continente adentro (IBGE, 2012; Melo Jr. e Boeger, 2015a; Melo Jr. e Boeger, 2015b).

Nas restingas do Sul do Brasil, a espécie *Schinus terebinthifolia* Raddi (Anacardiaceae) é amplamente encontrada (IBGE, 2012) e ocorre ao longo de diferentes perfis fitofisionômicos no sentido mar-continente (Melo Jr. e Boeger, 2015b). Sua ampla distribuição geográfica evidencia sua capacidade de sobrevivência sobre diferentes condições (Baggio, 1988). A espécie é caracterizada como arbórea terrícola que, de forma geral, varia de 1 a 15 m de altura, com diâmetro médio de 30 a 60 cm (Silva-Luz e Pirani, 2015). Na restinga, atinge dimensões de 1,5 a 7,5 m de altura e 7 cm de diâmetro (Amorim e Melo Júnior, 2017b; Melo Júnior e Boeger, 2017). Classificada ecologicamente como pioneira ou secundária inicial, possui também caráter invasor em regiões que não sejam de sua ocorrência natural (Luque et al., 2013), o que reforça a hipótese de que seja uma espécie detentora de elevado potencial plástico.

De forma a compreender a influência da heterogeneidade ambiental, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial plástico de *Schinus terebinthifolia* Raddi (Anacardiaceae) por meio de atributos funcionais foliares em três diferentes perfis fitofisionômicos de restinga em gradientes edáfico e lumínico no Sul do Brasil.

Material e métodos

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em uma Unidade de Conservação Integral denominada Parque Estadual do Acaí (PEA), localizado na planície litorânea do município de São Francisco do Sul, Santa Catarina (26°17'S e 48°33'W) (Figura 1). Apresenta clima Cfa caracterizado como mesotérmico úmido, sem estação seca definida e com verões quentes (Alvares et al., 2014). A região sofre uma intensa influência da umidade marítima, justamente por se tratar de uma área costeira. A média anual de precipitação é de 2.372 mm e a média anual de temperatura é de 21,3 °C (Epagri, 2014). A área é classificada como de extrema prioridade pelo Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (Probio, 2003). O estudo foi conduzido em três perfis fitofisionômicos de restinga, caracterizadas por Melo Jr. e Boeger (2015b) como:

a) Restinga Arbustiva (Ra): distante cerca de 120 m do mar e com extensão máxima de 50 m, é composta por pequenos arbustos e arvoretas que variam de 0,5 até 1,5 m de altura. Solo predominantemente arenoso, do tipo

Espodossolo, não hidromórfico, altamente ácido e, por consequência, com baixo teor de nutrientes assimiláveis.

b) Restinga Arbustivo-Arbórea (Raa): vegetação que surge mais no interior da costa, distante 170 m do mar e com extensão de até 700 m, sob condições ambientais mais estáveis sobre solo Espodossolo não hidromórfico, a qual caracteriza-se por apresentar árvores e arbustos que giram em torno de 2 a 5 m de altura.

c) Floresta de Transição (Ft): corresponde uma fisionomia arbórea e densa, distante 870 m do mar e com extensão de até 1200 m, composta predominantemente por árvores que variam de 15 a 20 m de altura, sobre solo Espodossolo + Organossolo com alta concentração de matéria orgânica, quando comparado aos demais perfis de restinga do PEA.

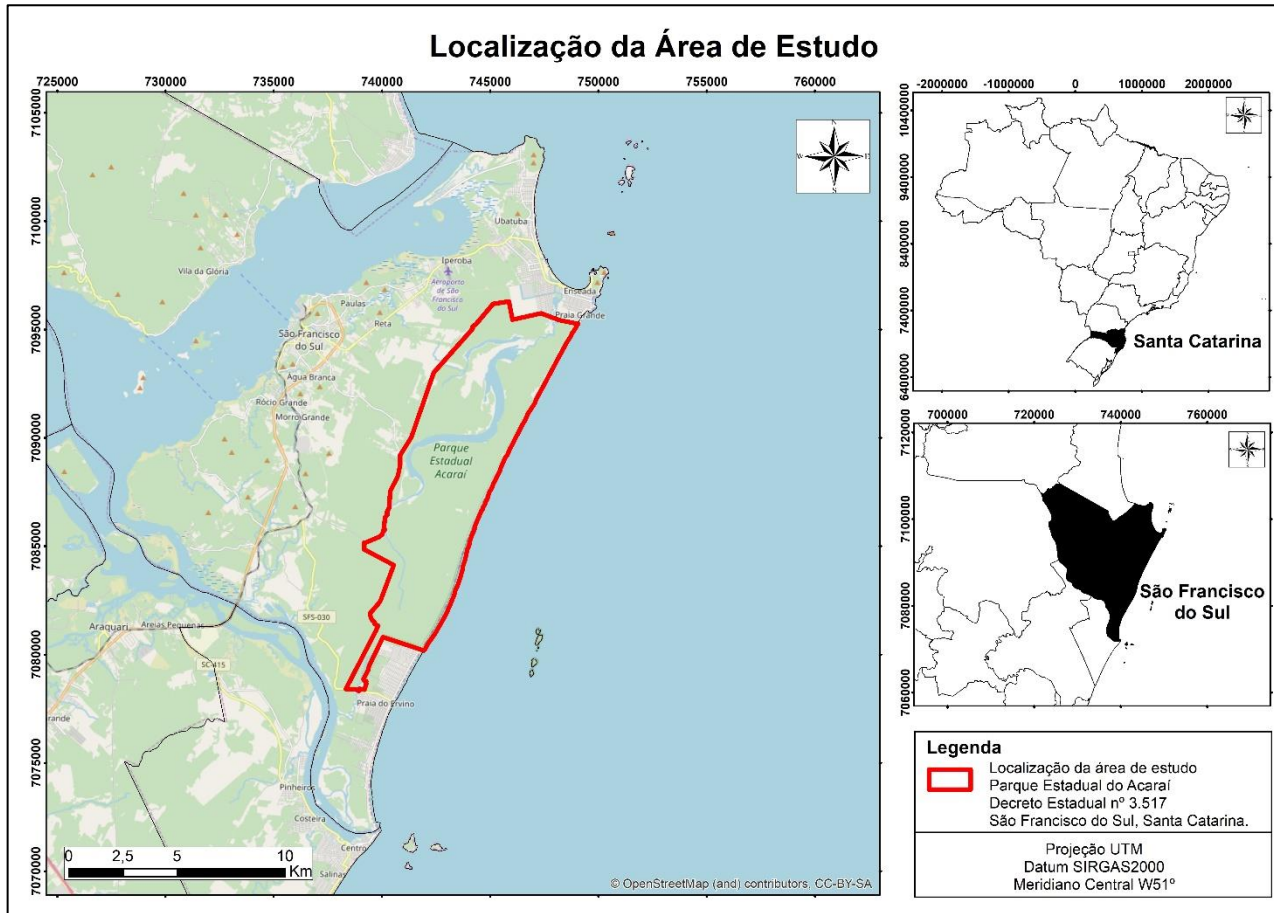


Figura 1 – Localização da área de estudo.

Coleta e análise de material biológico

A escolha de *S. terebinthifolia* se deu em função desta espécie ser abundante na restinga do PEA, alcançando valores de importância que variam de 17,5 em restinga arbustiva até 22,6 em floresta de transição (Melo Jr. e Boeger, 2015b). Em cada fisionomia de restinga foram selecionados aleatoriamente dez indivíduos amostrais, totalizando trinta indivíduos. Na fisionomia arbustiva adotou-se um intervalo mínimo de 5 m entre os indivíduos amostrais em razão do típico perfilhamento neste ambiente. De forma a padronizar a coleta, o material botânico foi coletado durante o verão, num intervalo de uma semana no mês de janeiro de 2016. De cada um

foram coletadas quinze folhas compostas completamente expandidas e fixadas entre o 3° e o 6° nó no sentido ápice-base. De cada folha selecionou-se apenas o folíolo apical, sendo tido como a representação de uma folha composta (Bongers e Popma, 1990). Dez folíolos destinaram-se a análise morfológica e cinco folíolos a análise anatômica. A opção metodológica de se adotar um maior número de indivíduos amostrais e menor número de folhas por indivíduo foi adotada como forma de eliminação do viés da pseudoreplicação.

Os atributos morfológicos quantitativos avaliados foram: massa fresca foliar (g), obtida por balança analítica de precisão Shimadzu Auy 220 a partir de folhas hidratadas em água destilada por

24h, atingindo a saturação hídrica; a massa seca foliar (g), obtida a partir de folhas com peso seco constante que foram secas em estufa sob 70° durante o período de 48h, atingindo a massa constante; a área foliar (cm²), obtida por imagem digitalizada em scanner de mesa acoplado ao software Sigma Scan pro (versão 5.0, SPSS Inc., Chicago IL, USA); a área foliar específica (cm².g⁻¹), calculada pela razão entre área foliar e massa seca (Witkowski e Lamont, 1991); a espessura foliar (mm) medida com paquímetro digital Mitotoyo; a massa foliar específica (g.cm⁻²), obtida pelo cálculo de massa seca dividida por área foliar; a densidade foliar (mm³.g⁻¹) calculada pela massa foliar específica dividida por espessura foliar e o grau de suculência da folha (g.cm⁻²) aferido por massa fresca subtraído por massa seca, dividido por duas vezes a área foliar.

Para a análise anatômica, as folhas foram fixadas em FAA 70% (formol, ácido acético e álcool 70%) ainda em campo (Kraus e Arduin, 1997). Foram realizados cortes transversais à mão livre no terço médio do folíolo, entre a margem do limbo e a nervura primária com o uso de lâmina de aço. As secções obtidas foram lavadas com água destilada, clarificadas com hipoclorito de sódio, coradas com azul de toluidina 1% (Feder e O'brien, 1968) e montadas em lâminas semipermanentes com água glicerínada 30% (O'brien e Mccully, 1981). Os atributos anatômicos avaliados foram: tipo de mesofilo, espessura da epiderme das faces adaxial e abaxial, incluindo a cutícula (µm), espessura dos parênquimas paliçádico e lacunoso (µm), espessura da hipoderme (µm) e espessura total do limbo (µm). Todas as medidas anatômicas foram estimadas pelo software Dino Capture 2.0 utilizando câmera acoplada (Dino Eye AM423X) ao fotomicroscópio Olympus CX31. A densidade de estômatos foi estimada utilizando-se a modelagem de películas de esmalte incolor sobre a face abaxial da epiderme das folhas desidratadas (Segatto et al. 2004). A contagem de estômatos foi realizada em 10 campos de 1,0 mm² em microscópio de luz com câmera clara acoplada, totalizando 300 campos. O índice de plasticidade fenotípica (IPF, Valladares et al., 2006) foi calculado para todos os atributos avaliados a partir da fórmula: $IPF = (M_{max} - M_{min}) / M_{max}$, onde: M_{max} corresponde a maior média do atributo; M_{min} a menor média do atributo.

Variáveis ambientais

Para a caracterização nutricional do solo foram coletadas por ambiente 45 amostras de solo a uma profundidade de 15 cm, uma vez que a maior

parcela dos nutrientes minerais está nesta camada. A análise química do solo, realizada pelo Instituto Agrônomo de Campinas, avaliou o pH, fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al, íons H⁺ e Al³⁺), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V) e matéria orgânica (MO).

Para avaliar o gradiente de luz ao longo dos três perfis fitofisionômicos de restinga foram tomadas medidas da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) sobre a copa de cada indivíduo amostral com o uso de luxímetro, totalizando 30 medidas de luz, sendo 10 por ambiente.

Análise estatística

Foram calculadas a média e desvio padrão para todos os atributos morfoanatômicos foliares selecionados. Os valores médios foram comparados por Análise de Variância (ANOVA), post hoc Tukey, com $\alpha = 0,05$. Análise dos Componentes Principais (PCA) foi realizada para verificar a maior variância entre os atributos morfoanatômicos selecionados e entre as variáveis ambientais consideradas. Teste de Regressão entre a variável ambiental com maior contribuição de explicação em cada eixo da PCA e os atributos foliares foi aplicado para avaliar a existência de correlação entre ambos. As análises estatísticas foram realizadas no software R (versão 3.2.5) com o pacote Rcmdr (versão 2.3-0) (Borcard et al., 2011).

Resultados

Variáveis Ambientais

A composição nutricional do solo em cada ambiente de Restinga variou significativamente (Tabela 1). A matéria orgânica, a capacidade de troca de cátions (CTC), a salinidade, os macronutrientes fósforo (P), potássio (K) e hidrogênio (H) + alumínio (Al) apresentaram maiores teores no ambiente de Ft, decrescendo gradativamente em Raa e Ra. Todos os solos são ácidos (pH < 7,00), porém a acidez mais elevada foi observada em Ft, com valores intermediários em Raa e menor em Ra. O ambiente de Raa apresentou os menores valores para cálcio (Ca), magnésio (Mg), salinidade (Na) e soma de bases (SB). O ambiente de Ra apresentou maior concentração de cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB) e saturação por bases (49,97%). Enquanto Ft apresentou o menor valor de saturação de bases (4,33%), classificado como solo álico (Tabela 1).

Tabela 1 – Componentes nutricionais do solo relativos aos perfis fitofisionômicos de restinga ocupados por *Schinus terebinthifolia* (Anacardiaceae). Correlação entre os atributos representados pelos componentes 1 e 2 obtidos pela Análise de Componentes Principais (PCA). Letras diferentes representam diferenças estatísticas significativas com nível confiança de $\geq 0,05$. Legenda: restinga arbustiva (Ra), restinga arbustivo-arbórea (Raa) e floresta de transição (Ft).

Componente nutricional do solo	Formações na Restinga			PCA	
	Ra	Raa	Ft	Comp1	Comp2
Matéria orgânica	13,98 (1,64)c	14,68 (1,89)b	82,64 (2,07)a	-0,386	0,015
Potencial Hidrogeniônico	4,73 (0,20)c	3,53 (0,04)b	3,10 (0,00)a	0,279	0,365
Fósforo	1,00 (0,81)c	2,00 (0,00)b	25,49 (22,96)a	-0,281	0,050
Potássio	1,33 (0,17)b	1,30 (0,24)b	2,26 (0,26)a	-0,360	0,061
Cálcio	10,32 (1,25)a	5,68 (0,95)c	7,66 (0,47)b	0,034	0,523
Magnésio	2,33 (0,47)a	1,00 (0,00)c	2,00 (0,00)b	-0,083	0,501
Salinidade	1,09 (0,21)b	0,83 (0,04)c	1,90 (0,00)a	-0,357	0,153
Alumínio e Hidrogênio	15,00 (0,00)b	21,70 (2,88)b	291,56 (15,12)a	-0,384	0,002
Soma de bases	15,08 (1,83)a	8,81 (1,22)c	13,82 (0,73)b	-0,108	0,506
Capacidade de troca de Cátions	30,08 (1,83)b	30,51 (3,89)b	305,38 (15,47)a	-0,384	0,014
Saturação por bases (v%)	49,97 (2,95)a	29,01 (2,16)b	4,33 (0,47)c	0,347	0,231
Variância explicada pelos componentes				60,14%	32,40%
Porcentagem do total da variância explicada (%)				60,14%	92,54%

A análise de componentes principais (PCA) relacionada à nutrição edáfica das formações de Restinga indicou que os dois primeiros eixos explicaram juntos 92,54% da variância total dos dados (Figura 2). A CTC e a MO foram mais relacionadas ao eixo principal 1, que

explicou 60,1% da variância. O eixo principal 2 explicou 32,4% da variância e esteve mais relacionado ao teor de cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), fósforo (P) e a soma de bases (SB).

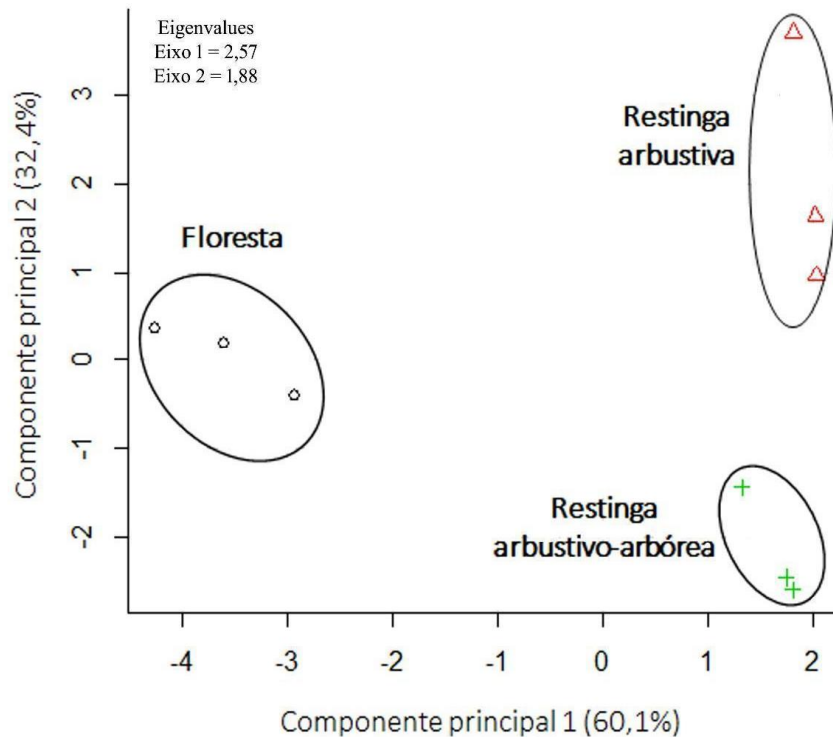


Figura 2 – Análise de componentes principais da composição nutricional do solo relativa aos perfis fitofisionômicos ocupados por *Schinus terebinthifolia* (Anacardiaceae) na restinga do Parque Estadual do Acaraí, São Francisco do Sul, Santa Catarina, Brasil. Os dois primeiros eixos principais explicam 60,1% e 32,4% da variância dos dados, respectivamente.

Atributos foliares

Os atributos morfológicos de *S. terebinthifolia* apresentaram maior variação quando comparados aos atributos anatômicos (Tabela 2). A massa fresca e a massa seca foliar foram significativamente menores nos indivíduos de Ra, com valores equivalente nos indivíduos de Raa e Ft. A área foliar aumentou gradativamente no sentido mar-continente, com maior valor nos indivíduos que se desenvolvem em Ft. A área foliar específica apresentou valores semelhantes e reduzidos nos indivíduos de Ra e Raa, enquanto os indivíduos de Ft apresentaram os maiores valores para esse atributo. A massa foliar específica, o conteúdo de água na folha e a espessura foliar exibiram o padrão inverso ao da área foliar, diminuindo gradativamente no sentido mar-continente. O grau de suculência acompanhou o gradiente edáfico, decrescendo no sentido mar-continente. A densidade foliar foi maior nos indivíduos de Ra e com valores menores e estaticamente iguais entre Raa e Ft (Tabela 2).

A folha é hipostomática com maior densidade de estômatos nos indivíduos ocorrentes em Ra, seguido de Ft, e menor densidade nos indivíduos de Raa. A densidade de tricomas na face

abaxial da epiderme foliar decresceu no sentido mar-continente, sendo o maior valor observado em Ra e os menores em Raa e Ft (Tabela 2).

A maior espessura da lâmina foliar foi observada nos indivíduos de Ra, não diferindo significativamente entre Raa e Ft. Maior espessura da epiderme da face adaxial da lâmina foliar foi registrada nos indivíduos de Ra e Ft, enquanto a menor espessura ocorreu nos indivíduos de Raa. A face abaxial da epiderme foliar foi mais espessa em Ra e Raa e mais delgada em Ft. O mesofilo é do tipo isobilateral. O parênquima paliçádico voltado para a face adaxial decresceu gradativamente em relação ao gradiente mar-continente, com a maior espessura em Ra, intermediária em Raa e menor espessura em Ft. O parênquima lacunoso mais espesso foi observado nos indivíduos de Ra, com espessura intermediária para Ft e menor espessura observada em Raa. O parênquima paliçádico voltado para a face abaxial também foi mais espesso nos indivíduos que se desenvolvem em Ra, exibindo valores estaticamente proporcionais em Raa e Ft. A razão parênquima paliçádico/lacunoso decresceu linearmente no sentido mar-continente (Tabela 2).

Tabela 2 – Atributos morfoanatômicos foliares relativos aos perfis fitofisionômicos de restinga ocupados por *Schinus terebinthifolia* (Anacardiaceae). Correlação entre os atributos representados pelos componentes 1 e 2 obtidos pela Análise de Componentes Principais (PCA). Letras diferentes representam diferenças estatísticas significativas com nível confiança de $\geq 0,05$. Legenda: restinga arbustiva (Ra), restinga arbustivo-arbórea (Raa), floresta de transição (Ft), grama (g), centímetro quadrado (cm^2), porcentagem (%), newtons por milímetro quadrado (n/mm^2), micrómetro (μm).

	Formações na Restinga			PCA	
	Ra	Raa	Ft	Comp1	Comp2
Atributo morfoanatômico					
Massa fresca foliar (g)	0,11 (0,03)b	0,20 (0,07)a	0,22 (0,08)a	-0,267	0,184
Massa seca foliar (g)	0,04 (0,01)b	0,07 (0,02)a	0,07 (0,03)a	-0,247	-0,156
Área foliar (cm^2)	2,37 (0,82)c	6,75 (2,48)b	8,46 (3,45)a	-0,329	-0,233
Área foliar específica ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$)	62,17 (11,28)b	96,10 (21,32)b	114,90 (25,66)a	-0,306	-0,171
Massa foliar específica ($\text{g}.\text{cm}^{-2}$)	0,017 (0,002)a	0,011 (0,002)b	0,009 (0,0004)c	0,331	0,156
Grau de suculência ($\text{g}.\text{cm}^{-2}$)	0,016 (0,002)a	0,011 (0,002)b	00,009 (0,002)c	0,348	0,131
Conteúdo de água foliar (%)	72,72 a	65,00 c	68,18 b		
Densidade foliar (n/mm^2)	0,08 (0,01)b	0,09 (0,01)a	0,10 (0,02)a	-0,205	0,058
Espessura foliar ()	0,22 (0,06)a	0,11 (0,03)b	0,09 (0,02)c	0,325	0,117
Densidade de estômatos na face abaxial da epiderme ($\text{n}^\circ/\text{mm}^2$)	65,80 (12,28)a	54,64 (9,93)c	59,12 (13,29)b	0,111	0,024
Densidade de tricomas na face abaxial da epiderme ($\text{n}^\circ/\text{mm}^2$)	8,37 (3,64)a	6,72 (3,16)b	6,74 (3,24)b	0,107	0,026
Espessura total da lâmina foliar (μm)	285,87 (65,01)a	201,36 (48,23)c	229,04 (51,82)b	0,259	-0,417
Espessura da face adaxial da epiderme (μm)	26,44 (6,16)a	19,48 (5,87)b	20,17 (7,93)b	0,240	-0,247
Espessura da face abaxial da epiderme (μm)	19,59 (6,72)a	17,41 (7,96)a	18,37 (7,86)a	0,129	-0,380
Espessura do parênquima paliçádico adaxial (μm)	123,34 (37,32)a	88,49 (19,34)b	81,29 (23,72)b	0,252	-0,225
Espessura do parênquima lacunoso (μm)	63,81 (24,20)b	46,46 (17,73)c	77,53 (22,97)a	0,025	-0,478
Espessura do parênquima paliçádico abaxial (μm)	52,68 (27,97)a	29,51 (14,31)b	31,65 (12,61)b	0,235	-0,300
Razão parênquima paliçádico/lacunoso	2,76	2,54	1,46	-	-
Variância explicada pelos componentes				39,12%	14,87%
Porcentagem do total da variância explicada (%)				39,12%	54,00%

A análise intrapopulacional da plasticidade fenotípica apresentou maior plasticidade, quando comparada com os resultados interpopulacionais. A área foliar foi o atributo que apresentou mais plasticidade fenotípica, enquanto a espessura da face abaxial da epiderme foi o atributo com menor plasticidade fenotípica (Tabela 3). Em Ra os atributos com maior IPF foram a espessura do parênquima paliçádico,

voltado para ambas as faces da epiderme, e a espessura da epiderme abaxial. Em Raa a massa seca, a densidade de tricomas da face abaxial e a espessura do parênquima lacunoso apresentaram maior plasticidade, enquanto em Ft a massa seca, a massa fresca, a área foliar e a densidade de tricomas foram os atributos mais plásticos (Tabela 3).

Tabela 3 – Índice de plasticidade fenotípica (IPF) das variáveis morfológicas foliares de *Schinus terebinthifolia* (Anacardiaceae) nos perfis fitofisionômicos de restinga. Legenda: restinga arbustiva (Ra), restinga arbustiva arbórea (Raa) e floresta de transição (Ft).

	Intrapopulacional			Interpopulacional
	Ra	Raa	Ft	
Atributo morfoanatômico				
Massa fresca foliar (g)	0,49	0,54	0,66	0,49
Massa seca foliar (g)	0,57	0,61	0,66	0,48
Área foliar (cm²)	0,53	0,55	0,66	0,71
Área foliar específica (cm².g⁻¹)	0,35	0,46	0,41	0,45
Massa foliar específica (g.cm⁻²)	0,36	0,46	0,45	0,44
Grau de suculência (g.cm⁻²)	0,32	0,36	0,34	0,44
Densidade foliar (n/mm²)	0,28	0,23	0,28	0,23
Espessura foliar (n/mm²)	0,43	0,41	0,54	0,58
Densidade de estômatos abaxial (nº/mm²)	0,32	0,31	0,41	0,16
Densidade de tricomas na face abaxial da epiderme (nº/mm²)	0,58	0,66	0,71	0,19
Espessura total da lâmina foliar (µm)	0,36	0,39	0,39	0,30
Espessura da face adaxial da epiderme (µm)	0,32	0,50	0,55	0,26
Espessura da face abaxial da epiderme (µm)	0,65	0,38	0,35	0,11
Espessura do parênquima paliçádico adaxial (µm)	0,68	0,52	0,45	0,34
Espessura do parênquima lacunoso (µm)	0,53	0,73	0,56	0,40
Espessura do parênquima paliçádico abaxial (µm)	0,79	0,48	0,54	0,44
IPF Médio	0,47	0,47	0,49	0,36

A análise de PCA relacionada aos atributos foliares explicou 52,91% da variância total dos dados (Figura 3). O eixo principal 1 explicou 40,61% da variância dos dados, sendo os atributos de grau de suculência, massa foliar específica, área

foliar, espessura foliar e espessura de limbo mais relacionados ao eixo principal 1. O eixo principal 2 explicou 12,30% da variância dos dados e esteve mais relacionado a densidade de tricomas, massa seca e massa fresca (Figura 3).

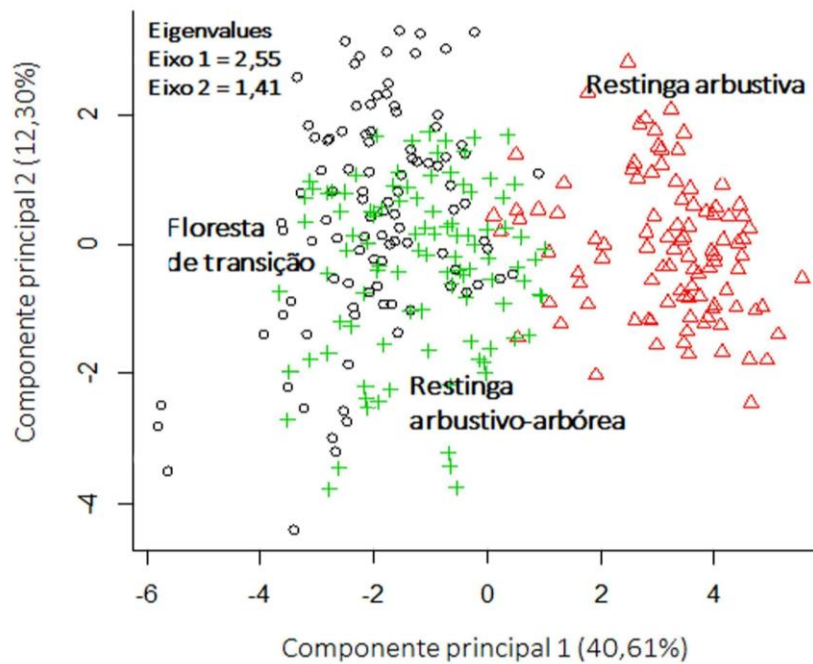


Figura 3 – Análise de componentes principais dos atributos morfoanatômicos relativos aos perfis fitofisionômicos ocupados por *Schinus terebinthifolia* (Anacardiaceae) na restinga do Parque Estadual do Acaraí, São Francisco do Sul, Santa Catarina, Brasil. Os dois primeiros eixos principais explicam 40,61% e 12,30% da variância dos dados, respectivamente.

Discussão

Variáveis ambientais

As plantas tendem a apresentar ajustes estruturais quando submetidas a limitação de recursos nutricionais, uma vez que o solo é o principal meio de nutrição e vital ao desenvolvimento vegetal (Arens, 1958; Epstein e Bloom, 2006). A saturação por bases é excelente indicador das condições gerais do solo (Ronquim, 2010). O solo de todas as formações de Restinga é caracterizado como distrófico ($V\% < 50\%$), sendo pobre nos macronutrientes essenciais, principalmente Ca, Mg e K, com alto teor de alumínio trocável. Quanto menor o valor de $V\%$, mais ácido e pobre será o solo, característica encontrada no ambiente de Ft, conforme já registrado na literatura (Melo Jr. e Boeger, 2015b; Todorovski et al., 2015). Solos de zonas tropicais tendem a ser, naturalmente, mais ácidos, devido ao grande volume de chuvas e a intensa lixiviação, o que faz com que estes percam seus elementos alcalinos sendo substituídos por íons de H^+ , diminuindo o $V\%$ (Ronquim, 2010). O pH ideal para o desenvolvimento vegetal varia de 6,0 até 6,5 (Ronquim, 2010). O aumento dos íons de H^+ tornam o solo mais ácido, com pH inferiores a 5,0,

o que foi observado em ambas as formações, com acidez mais acentuada em Ft.

O ambiente de Ft é caracterizado por seu dossel mais denso, com maior biomassa e maior fluxo de energia dentro do ambiente, favorecendo a formação de uma serapilheira mais espessa. Por conseguinte, o maior teor de matéria orgânica foi observado neste ambiente, corroborando o observado por Melo Jr. e Boeger (2015a). Em contrapartida, observou-se um baixo teor de matéria orgânica em Ra, conforme o esperado.

O potássio (K) é considerado um dos nutrientes mais vitais para o pleno desenvolvimento vegetal, sendo que é responsável por alterações morfológicas na folha da planta quando encontrado em quantidade insuficientes, uma vez que é o cátion em maior concentração nas plantas (Epstein e Bloom, 2006). Sua disponibilidade no solo e capacidade de absorção pelas plantas está relacionada com a disponibilidade de Ca e Mg, dominantes do complexo de trocas catiônicas (Epstein e Bloom, 2006; Ronquim, 2010).

De acordo com a Ronquim (2010), a soma de bases (SB) representa a capacidade de trocas realizadas entre as bases trocáveis Ca, K e Mg. Com isso a porcentagem expressa pela CTC indica o grau de fertilidade do solo, quanto mais alto o valor, mais sadio é o solo. Porém, essa elevada

porcentagem, pode evidenciar o efeito da alta concentração de alumínio e hidrogênio, no qual impedirá que a planta absorva os nutrientes, pois satura as cargas negativas dos colóides, o que é observado no ambiente de Ft, mesmo que apresente elevada CTC. No entanto, tal dificuldade parece ser driblada pela produção de raízes absorptivas dispostas junto à camada húmica do solo (Bonilha et al., 2013).

Atributos foliares

As folhas de ambientes que recebem maior intensidade luminosa e temperatura elevada tendem a desenvolver menor área foliar, quando comparadas com folhas de ambientes sombreados, a fim de reduzir a perda de água por transpiração (Givnish, 1988). Tal estratégia foi observada nas plantas que se desenvolvem no ambiente de restinga arbustiva submetidas à radiação direta, condição esta registrada por Melo Jr e Boeger (2016). O desenvolvimento de uma menor área foliar também é considerado uma resposta a baixa fertilidade do solo (Boeger e Wisniewski, 2003; Boeger e Gluzezak, 2006), característico da Restinga e de suas formações mais influenciadas pela maritimidade, como em Ra, onde foram observados os menores valores de área específica.

Resultados semelhantes foram obtidos para *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) (Vell.) Reitz (Santos et al., 2010), *Nectandra opposita* Ness. (Lauraceae) (Todorovski et al., 2015) e *Acicarpa spathulata* R. Br. (Calyceraceae), *Alternanthera maritima* (Mart.) A. St.-Hil. (Amaranthaceae), *Canavalia rosea* (Sw.) DC. (Leguminosae), *Hydrocotyle bonariensis* Lam. (Apiaceae), *Ipomoea pes-caprae* (L.) R.Br. (Convolvulaceae), *Blutaparon portulacoides* (A.St.-Hil.) Mears (Amaranthaceae), *Reminea maritima* Aubl. (Cyperaceae) (Boeger e Gluzezak, 2006) e *Jacquinia armillaris* Jacq. (Primulaceae) em ambiente de Restinga (Kuster et al., 2018).

Em contrapartida, folhas com maior área foliar maximizam a sua superfície receptora de luz em ambientes com menor incidência luminosa, conforme observado nos indivíduos de *S. terebinthifolia* em Ft, que se desenvolvem sob uma condição maior de sombreamento, corroborando o encontrado em outras espécies em diferentes regiões (Boeger e Gluzezak, 2006; Faleiro e Saiki, 2008; Santos et al., 2010; Todorovski et al., 2015; Jardim et al., 2018). A espécie *S. terebinthifolia* apresentou a menor área foliar sob maior radiação, em Ra, atestando sua tolerância à condição de maior intensidade luminosa ou, ainda, uma resposta à baixa fertilidade do solo (Boeger e Wisniewski, 2003).

O grau de suculência, atributo estritamente relacionado com o conteúdo de água nas células, é influenciado pela disponibilidade hídrica do solo e pela salinidade (Arruda et al., 2009). Segundo Boeger e Wisniewski (2003), folhas com maiores áreas foliares tendem a apresentar um menor grau de suculência, quando comparadas com folhas de áreas foliares menores, com maior grau de suculência, corroborando o observado em *S. terebinthifolia* que exibiu redução gradual da suculência com o aumento da área foliar, no sentido mar-continente. A área foliar específica (AFE) e a espessura foliar são consideradas as principais características indicadoras da estratégia do uso de recursos e do crescimento da planta (Wilson et al., 1999). Segundo Vendramini et al. (2002) plantas que se desenvolvem em um ambiente com recursos limitantes, como a limitação hídrica, limitação edáfica e alta salinidade, desenvolvem uma menor AFE, quando comparado com plantas que se desenvolvem sem tais limitações. A redução da AFE também está associada ao conteúdo de água na folha (Wilson et al., 1999; Vendramini et al., 2002), evidenciando um alto investimento em tecido mecânico e produção foliar (Vendramini et al., 2002). Tal padrão foi observado na espécie, uma vez que a AFE aumentou gradativamente no sentido mar-continente, enquanto a espessura foliar diminuiu. Em condições de maior incidência luminosa a AFE tende a ser inversamente proporcional a espessura foliar, a planta diminui a área exposta e aumenta a espessura foliar evitando o aumento da temperatura do mesófilo e a consequente perda de água (Givnish, 1988). Em ambientes limitantes o espessamento foliar também pode ser uma defesa contra a herbivoria, uma vez que a folha se torna mais rígida, diminuindo sua digestibilidade. O espessamento foliar é uma importante estratégia para plantas que ocupam locais com limitação de recursos, visto que os custos aos danos causados pela herbivoria são superiores nesses locais, quando comparados com locais nutricionalmente mais ricos (Faleiro e Saiki, 2007).

O aumento da espessura foliar a partir da maior exposição a luz está documentado na literatura (Boeger e Gluzezak, 2006; Poulson e Boeger, 2006), associado ao incremento em espessura do parênquima paliádico. Variações na estrutura interna da folha são alusivas ao aumento da eficiência de captação da luz (Valladares et al., 2004). Plantas de ambientes com condições mais xéricas apresentam maior espessura do parênquima paliádico, eficiente na captura de luz direta (Givnish, 1988), enquanto plantas de ambientes sob maior condição de sombreamento apresentam parênquima lacunoso mais desenvolvido, por ser

mais eficiente na captura de luz difusa e no aproveitamento da mesma, representando uma aclimação fotossintética ao sombreamento (Givnish, 1988; Valladares et al., 2004). Os indivíduos de *S. terebinthifolia* apresentaram a maior espessura de parênquima paliçádico no ambiente mais sujeito a intensa radiação, em Ra. Entretanto, a maior espessura de parênquima lacunoso também foi observada em Ra. Isso pode ser explicado pela maior compactação dos tecidos fotossintéticos e dos espaços intercelulares em folhas de área reduzida, com consequente aumento da espessura foliar (Poulson e Boeger, 2006).

Indivíduos expostos a maior intensidade luminosa e menor disponibilidade de água, como em Ra, apresentam maior densidade estomática. Em condições contrárias, com menor intensidade luminosa e maior disponibilidade de água, a densidade estomática observada foi menor. Uma maior densidade de estômatos e tricomas parece ser uma estratégia de conversação de água das folhas que se desenvolvem em um ambiente mais xérico (Körner et al., 1986). Muitos estudos apontam para uma correlação positiva entre o aumento da densidade estomática e o aumento da incidência luminosa (Santos et al., 2010; Melo Jr. e Boeger, 2016), corroborando o observado no presente estudo. Os estômatos são responsáveis pelas trocas gasosas, ou seja, quanto maior sua densidade, maior a absorção de CO². A intensa incidência luminosa permite que a planta potencialize sua eficácia fotossintética, dependendo de uma maior captação de CO² para o processo. Dessa forma, o aumento da densidade pode estar relacionado com o aumento da eficiência fotossintética no ambiente de Ra. O mesmo foi observado no ambiente de Restinga com a espécie *Guapira oppositifolia* (Santos et al., 2010).

Além de atuar na reflexão da luminosidade, os tricomas também podem diminuir a absorção de ondas curtas, diminuindo a temperatura dos tecidos e auxiliando na redução da perda de água (Press, 1999). O aumento da densidade de tricomas é uma adaptação para plantas que estão sujeitas a um déficit hídrico e a alta luminosidade, tal qual o ambiente de Ra sob maior influência do mar e da intensa radiação luminosa.

Dessa forma, pode-se inferir que o desenvolvimento foliar de *S. terebinthifolia* varia na mesma direção do gradiente ambiental, uma vez que os indivíduos partiram de uma condição de xeromorfismo no ambiente de Ra para uma condição de mesomorfismo no ambiente de Ft, com condição intermediária em Raa. O aumento da área foliar, menor espessura foliar e espessamento do parênquima lacunoso são características

mesomórficas (Arens, 1958), observadas na população de Ft. Em contrapartida, a redução da área foliar, o aumento da densidade estomática, o espessamento da cutícula e do parênquima paliçádico são considerados caracteres xeromórficos (Arens, 1958), observados na população de Ra, atestando a grande variação morfoanatômica em resposta à abrupta mudança das variáveis ambientais entre as diferentes formações de Restinga.

Segundo Arens (1958), as características xeromórficas não são unicamente causadas pela limitação hídrica. O solo, especialmente com relação ao pH e as concentrações de macronutrientes, como o fósforo e nitrogênio (Arens, 1958), constituem um fator ecológico importante na distribuição das formações vegetais (Lü et al, 2012). A escassez de nutrientes essenciais para as plantas também pode impelir o desenvolvimento de características xeromórficas o denominado escleromorfismo oligotrófico, variante do xeromorfismo (Arens, 1958). Tal condição foi observada em outras espécies encontradas na mesma área de estudo, como em *Andira fraxinifolia* Benth. (Silva et al., 2016), *Tibouchina clavata* (Pers.) Wurdack. (Amorim e Melo Jr., 2017c; Melo Jr. et al., 2017), *Smilax campestris* Griseb. (Cabral et al., 2018), *Clusia criuva* Cambess., *Myrsine venosa* A. DC., *Ocotea pulchella* (Nees e Mart.) Mez, *Pera glabrata* (Schott) Poepp. Ex Baill e *Ternstroemia brasiliensis* Cambess. (Silva e Melo Jr. 2017).

O escleromorfismo é uma resposta ao ambiente pobre, uma vez que tal limitação influencia diretamente a síntese de proteínas, impedindo sua produção normal, gerando um crescimento diminuto. As características xeromórficas são, portanto, resultado da modificação do conjunto de reações metabólicas impostas pela limitação edáfica (Arens, 1958), afetando diretamente a economia de água e desta forma a estrutura anatômica.

Agradecimentos

Ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) – Bioma Mata Atlântica, Núcleo Sul/SC e à equipe gestora do Parque Estadual do Acaraí.

Referências

Arens, K., 1958. Considerações sobre as causas do xeromorfismo foliar. Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, 25-56.

- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J.L.M., Sparovek, G., 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22, 711-728.
- Amorim, M.W., Melo Jr, J.C.F., 2017a. Plasticidade morfológica de *Myrcia splendens* (Sw) CD. (Myrtaceae) ocorrente em Mata Atlântica e Cerrado. *Iheringia. Série Botânica* 71, 261-268.
- Amorim, M.W., Melo Jr., J.C.F., 2017b. Functional diversity of restinga shrub species on the coastal plain of southern Brazil. *International Journal of Development Research* 7, 13189-13202.
- Amorim, M.W., Melo Jr., J.C.F. 2017c. Plasticidade morfoanatômica foliar de *Tibouchina clavata* (Melastomataceae) ocorrente em duas formações de restinga. *Rodriguésia* 68.
- Arruda, R.C.O., Viglio, N.S.F., Barros, A.A.M., 2009. Anatomia foliar de halófitas e psamófilas reptantes ocorrentes na restinga de Ipitangas, Saquarema, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia*, 333-352.
- Araujo, D.S.D., 2000. Análise florística e fitogeográfica das restingas do Estado do Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Bachtold, B.A., Melo Junior, J.C.F., 2015. Plasticidade morfológica de *Calophyllum brasiliense* Camb. (Calophyllaceae) em duas formações de Restinga no sul do Brasil. *Acta Biológica Catarinense* 2, 2.
- Baggio, A.J., 1998. Aroeira como potencial para usos múltiplos na propriedade rural. *Boletim de Pesquisa Florestal* 17, 25-32.
- Bigarella, J.J., 2001. Contribuição ao estudo da planície litorânea do estado do Paraná. *Brazilian Archives of Biology and Technology Jubilee*, 65-110.
- Bonilha, C. L. (2013). Campos da planície costeira: avaliação da estrutura e atributos funcionais em áreas com diferentes históricos e distúrbio.
- Borcard, D., Gillet, F., Legendre, P., 2011. *Numerical Ecology with R*. New York: Springer.
- Boeger, M.R.T., Gluzezak, R.M., 2006. Adaptações estruturais de sete espécies de plantas para as condições ambientais da área de dunas de Santa Catarina, Brasil. *Iheringia. Série Botânica* 61, 73-82.
- Boeger, M.R.T., Wisniewski, C., 2003. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 26, 61-72.
- Bongers, F., Popma, J., 1990. Leaf characteristics of the tropical rain forest flora of Los Tuxtlas, Mexico. *Botanical Gazette* 151, 354-365.
- Bonilha, R.M., Casagrande J.C., Soares, M.R., Reis-Duarte, M., 2013. Characterization of the soil fertility and root system of restinga forests. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 36, 1804-1813.
- Cabral, R.D.C., Melo Junior, J.C.F.D., Matilde-Silva, M. 2018. Foliar morphoanatomical plasticity of *Smilax campestris* (Smilacaceae) in an environmental gradient of restinga, Santa Catarina State, Brazil. *Hoehnea* 45, 173-183.
- Craine, J.M., Dybzinski, R. 2013. Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. *Functional Ecology* 27, 833-840.
- EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 2014. Dados meteorológicos da região de Joinville. Disponível: <http://www.epagri.sc.gov.br>. Acesso: 24 jan. 2017.
- Epstein, E. Bloom, A.J., 2006. *O meio de Nutrição das Plantas*. Editora Planta.
- Faleiro, W., Saiki, P.T.O., 2008. Morfologia Foliar em cinco Fitofisionomias de Cerrado do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, GO. *Revista Brasileira de Biociências* 5, 687-689.
- Feder, N., O'brien, T.P., 1968. Plant microtechnique: Some principles and new methods. *American Journal of Botany*, 123-142.
- Givnish, T., 1998. Ecology of photosynthesis in sun and shade. CSINO.
- Gratani, L., 2014. Plant phenotypic plasticity in response to environmental factors. *Advances in Botany*.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. Manual técnico da vegetação brasileira. São Paulo, 136-139.
- Jardim, R.I.L., Melo Jr., J.C.F., Silva, M.M., 2018. Efeito do Gradiente de Luminosidade sobre Respostas Estruturais de *Hyeronima alchorneoides* (Phyllanthaceae) em Ambiente Florestal. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11, 913-923.
- Körner, C.H., Bannister, P., Mark, A.F., 1986. Altitudinal variation in stomatal conductance, nitrogen content and leaf anatomy in different plant life forms in New Zealand. *Oecologia* 69, 577-588.
- Kraus, J.E., Arduin, M., 1997. *Manual básico de métodos em Morfologia Vegetal*.
- Kuster, V.C., da Silva, L.C., Possatti, L., Schneider, S.Z. 2018. Leaf morphology and anatomy of *Jacquinia armillaris* Jacq. (Primulaceae) from two coastal Restinga environments. *Iheringia. Série Botânica* 73, 240-249.

- De Kroon, H., Huber, H., Stuefer, J.F., Van Groenendaal, J.M., 2005. A modular concept of phenotypic plasticity in plants. *New phytologist* 166, 73-82.
- Luque, G.M., Bellard, C., Bertelsmeier, C., Bonnaud, E., Genovesi, P., Simberloff, D., Courchamp, F., 2013. Alien species: monster fern makes IUCN invader list. *Nature*, 498.
- Liberato, I.S., Melo Jr, J.C.F., 2016. Morphological plasticity of *Ilex theezans* Mart. ex Reissek (Aquifoliaceae) in two restinga vegetation of Santa Catarina coastal plain. *Acta Biológica Catarinense* 3.
- Lü, X.T., Freschet, G.T., Flynn, D.F.B., Han, X.G., 2012. Plasticity in leaf and stem nutrient resorption proficiency potentially reinforces plant–soil feedbacks and microscale heterogeneity in a semi-arid grassland. *Journal of Ecology* 100, 144-150.
- Melo Jr, J.C.F., Boeger, M.R.T. 2015a. Riqueza, estrutura e interações edáficas em um gradiente de restinga do Parque Estadual do Acaraí, Estado de Santa Catarina, Brasil. *Hoehnea* 42, 207-232.
- Melo Jr, J.C.F., Boeger, M.R.T., 2015b. Leaf traits and plastic potential of plant species in a light-edaphic gradient from restinga in southern Brazil. *Acta Biológica Colombiana* 21, 51-62.
- Melo Jr, J.C.F., Boeger, M.R.T., 2016. Leaf traits and plastic potential of plant species in a light-edaphic gradient from a restinga in southern Brazil. *Acta Biológica Colombiana* 21, 51-62.
- Melo Jr, J.C.F., Boeger, M.R.T., 2017. Functional traits of dominant plant species of the Brazilian sandy coastal plain. *International Journal of Current Research* 9, 45585-45593.
- Melo Jr, J.C.F., Amorim, M.W., Arriola, I.A., Dirksen, J.S., e Andreacci, F. 2017. Morphoanatomical adjustments of *Tibouchina clavata* (Melastomataceae) in ombrophilous forest and restinga forest. *Ciência e Natura*, 39, 484-493.
- Melo Jr, J.C.F., Boeger, M.R.T. 2018. Riqueza e estrutura de uma comunidade vegetal de dunas na planície costeira de Santa Catarina. *Iheringia. Série Botânica* 73, 290-297.
- O'Brien T.P., McCully M.E., 1981. The study of plant structure: Principles and selected methods. *Termarcaphi Pty*.
- Pereira, O.J., Araújo, D.S.D., 2000. Análise florística das restingas dos Estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. *Ecologia de restingas e lagoas costeiras*, 25-63.
- Poulson, M.E., Boeger, M.R.T., Donahue, R.A., 2006. Response of photosynthesis to high light and drought for *Arabidopsis thaliana* grown under a UV-B enhanced light regime. *Photosynthesis Research* 90, 79-90.
- Press, M.C., 1999. The functional significance of leaf structure: a search for generalizations. *New Phytologist* 143, 213-219.
- PROBIO. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira, 2003. Áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 140.
- Ronquim, C.C., 2010. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. *Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*.
- Santos, M., Junior, P.C.P.F., Vailati, M.G., Paulilo, M.T.S., 2010. Aspectos estruturais de folhas de indivíduos de *Guapira opposita* (Vell) Reitz (Nyctaginaceae) ocorrentes em Restinga e na Floresta Ombrófila Densa. *Insula Revista de Botânica* 39, 59-78.
- Scoffoni, C., Kunkle, J., Pasquet-Kok, J., Vuong, C., Patel, A.J., Montgomery, R.A., et al., 2015. Light-induced plasticity in leaf hydraulics, venation, anatomy, and gas exchange in ecologically diverse Hawaiian lobeliads. *New Phytologist* 207, 43-58.
- Segatto, F.B., Bisognin, D.A., Benedetti, M., Costa, L.C., Rampelotto, M.V., Nicoloso, F.T., 2004. Técnica para o estudo da anatomia da epiderme foliar de batata. *Ciência Rural* 34, 1597-1601.
- Silva-Luz, C.L., Pirani, J.R., 2014. Anacardiaceae in lista de espécies da flora do Brasil. *Jardim Botânico do Rio de Janeiro*.
- Silva, K.R., Melo Junior, J.C.F., Boeger, M.R.T. 2016. Variações fenotípicas em *Andira fraxinifolia* Benth. (Fabaceae) em duas fitofisionomias de restinga. *Hoehnea* 43, 229-237.
- Silva, M. M., Melo Junior, J. C. F. 2017. Plasticidade da folha e lenho de cinco espécies lenhosas em duas áreas de restinga no Sul do Brasil. *Iheringia. Série Botânica* 72, 173-180.
- Todorovski, E.C.D., Melo Jr, J.C.F., Amorim, M.W., Silva, M.M., 2015. Potencial plástico de *Nectandra oppositifolia* Nees. (Lauraceae) em fisionomias de floresta ombrófila densa e restinga. *Natureza online* 13, 70-76.
- Valladares, F., Aranda, I., Gómez, D.S., 2004. La luz como factor ecológico y evolutivo para las plantas y su interacción con el agua. In: *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente*.

- Valladares, F., Sanches-Goems, D., Zavala, M.A., 2006. Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. *Journal of Ecology* 94, 1103-1116.
- Valladares, F., Gianoli, E., Gómez, J.M., 2007. Ecological limits to plant phenotypic plasticity. *New phytologist* 176, 749-763.
- Valladares, F. et al. 2014. The effects of phenotypic plasticity and local adaptation on forecasts of species range shifts under climate change. *Ecology letters* 17, 1351-1364.
- Vendramini, F., Díaz, S., Gurvich, D.E., Wilson, P.J., Thompson, K., Hodgson, J.G., 2002. Leaf traits as indicators of resource-use strategy in floras with succulent species. *New Phytologist* 154, 147-157.
- Yano, S., Terashima, I., 2001. Separate localization of light signal perception for sun or shade type chloroplast and palisade tissue differentiation in *Chenopodium album*. *Plant and Cell Physiology* 42, 1303-1310.
- Wilson, P.J., Thompson, K., Hodgson, J.G., 1999. Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. *New Phytology* 143, 155-162.
- Witkowski, E.T.F., Lamont, B.B., 1991. Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. *Oecologi* 88, 486.