

Invasão biológica em sítios de Restinga no Nordeste brasileiro

Biological invasion in Restinga sites in northeastern Brazil

Invasión biológica en sitios de Restinga en el noreste de Brasil

Recebido: 10/05/2021 | Revisado: 17/05/2021 | Aceito: 21/05/2021 | Publicado: 07/06/2021

Juliano Ricardo Fabricante

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4767-7302>
Universidade Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: julianofabricante@hotmail.com

Anny Bianca Santos Cruz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1350-3702>
Universidade Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: annybianca26@gmail.com

Francielle Mathias dos Reis

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7025-8010>
Universidade Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: francyellemathiasreis@gmail.com

Thieres Santos Almeida

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7371-8070>
Universidade Federal de Sergipe, Brasil
E-mail: thieres@outlook.com

Resumo

A Restinga é um importante ecossistema brasileiro que vem sendo acometido por problemas ambientais, a exemplo das invasões biológicas. Assim, objetivou-se com o presente trabalho realizar um levantamento das espécies naturalizadas e exóticas invasoras ocorrentes em sítios de Restinga no Nordeste brasileiro. Foram realizadas expedições em nove cidades de seis estados nordestinos. O levantamento ocorreu através de caminhadas (busca ativa) onde as espécies foram registradas por fotografias. Cada espécie foi classificada como naturalizada ou exótica invasora através de observações *in situ* e literatura específica. A composição de espécies das áreas foi comparada através da Similaridade de Jaccard (S_j) em três situações: lista completa, apenas as exóticas invasoras e apenas as naturalizadas. O teste de Mantel foi realizado para verificar se o tamanho e a distância entre áreas influenciaram nos resultados da similaridade. Foram amostradas 42 espécies, sendo 33 exóticas invasoras e nove naturalizadas. As espécies *Leucena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Terminalia catappa* L. e *Cenchrus echinatus* L. foram as únicas com ocorrência em todas as áreas. A similaridade florística variou bastante entre as situações testadas. O teste de Mantel não apresentou valores significativos. Nossos achados são preocupantes, em razão do elevado número de espécies e da alta quantidade de exóticas invasoras.

Palavras-chave: Espécies alóctones; Exóticas invasoras; Litoral arenoso; Litoral nordestino.

Abstract

Restinga is an important Brazilian ecosystem that has been affected by environmental problems, such as biological invasions. Thus, we aim to carry out a survey of invasive or current alien species in Restinga in the Northeast of Brazil. The survey took place through walks where the species were recorded by photographs. Each species was classified as naturalized or invasive through *in situ* observations and specific literature. The species composition of the areas was compared using Jaccard Similarity (S_j) in three situations: complete list, only invasive and only naturalized. The Mantel test was performed to verify whether the size and distance between areas influence the similarity. 42 species were sampled, of which 33 were invasive and nine were naturalized. The *Leucena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Terminalia catappa* L. and *Cenchrus echinatus* L. were the only ones occurring in all areas. The floristic similarity varied greatly between tested situations. Mantel test did not show significant values. Our findings are worrying, due to high number of species and high quantity of invasive species.

Keywords: Allochthonous species, Invasive species, Sandy coastline, Northeastern coast.

Resumen

Restinga es un importante ecosistema brasileño que se ha visto afectado por problemas ambientales, como invasiones biológicas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue realizar un estudio de especies naturalizadas e exóticas invasoras presentes en los sitios de Restinga en el noreste de Brasil. Se realizaron expediciones a nueve ciudades del Noreste, en seis estados. La prospección se realizó a través de paseos donde se registraron las especies mediante fotografías. Cada especie fue clasificada como invasora naturalizada o exótica a través de observaciones *in situ* y literatura específica. La composición de especies de las áreas se comparó utilizando Jaccard Semejanza (S_j) en tres

situaciones: lista completa, solo exóticas invasoras y solo naturalizadas. Se realizó la prueba de Mantel para verificar si el tamaño y la distancia entre áreas influyen en la similitud. Se muestrearon 42 especies, de las cuales 33 fueron invasoras y nueve fueron naturalizadas. Las especies *Leucena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Terminalia catappa* L. y *Cenchrus echinatus* L. fueron las únicas que se presentaron en todas las áreas. La similitud florística varió mucho entre las situaciones probadas. La prueba de Mantel no mostró valores significativos. Nuestros hallazgos son preocupantes, debido a la gran cantidad de especies y la alta frecuencia de invasores exóticos.

Palabras clave: Especies foráneas; Exótico invasivo; Costa arenosa; Costa noreste.

1. Introdução

A Restinga é um ecossistema litorâneo sob influência marinha que apresenta grande biodiversidade (Assis, 2004). Esse ecossistema é muito importante na estabilização do substrato e redução dos efeitos de agentes erosivos (Assumpção & Nascimento, 2000). As espécies que constituem a Restinga são adaptadas às condições adversas derivadas da proximidade com os mares e oceanos, a exemplo de ventos constantes, solos arenosos, baixos níveis de fertilidade do solo e elevado grau de salinidade (Barcelos et al., 2012).

A colonização do território brasileiro iniciou-se pela região litorânea (Azevedo, 1994), resultando no adensamento populacional observado atualmente. De acordo com IBGE (2010), vivem nas cidades litorâneas a maior parte da população brasileira. Em razão disso, a Restinga encontra-se intensamente modificada e sob forte pressão antrópica (Thomazi et al., 2013). Essas condições, por sua vez, favorecem as invasões biológicas, uma vez que ambientes alterados são mais susceptíveis a ocorrência desses processos (Zenni & Ziller, 2011).

As invasões biológicas (IB) ocorrem quando espécies exóticas são introduzidas em um novo ambiente, se adaptam e passam a se reproduzir e a se dispersar para novas áreas modificando os ecossistemas naturais (Parker et al. 1999). As IB geram efeitos negativos sobre a biota nativa (Wolfe & Klironomos, 2005; Reinhart & Callaway, 2006), o ambiente físico (D'antonio & Vitousek, 1992; Wolfe & Klironomos, 2005; Ziller & Zalba, 2007; Fabricante et al., 2012), além de causar prejuízos econômicos (Pacheco & Marinis, 1984; Taylor & Irwin, 2004).

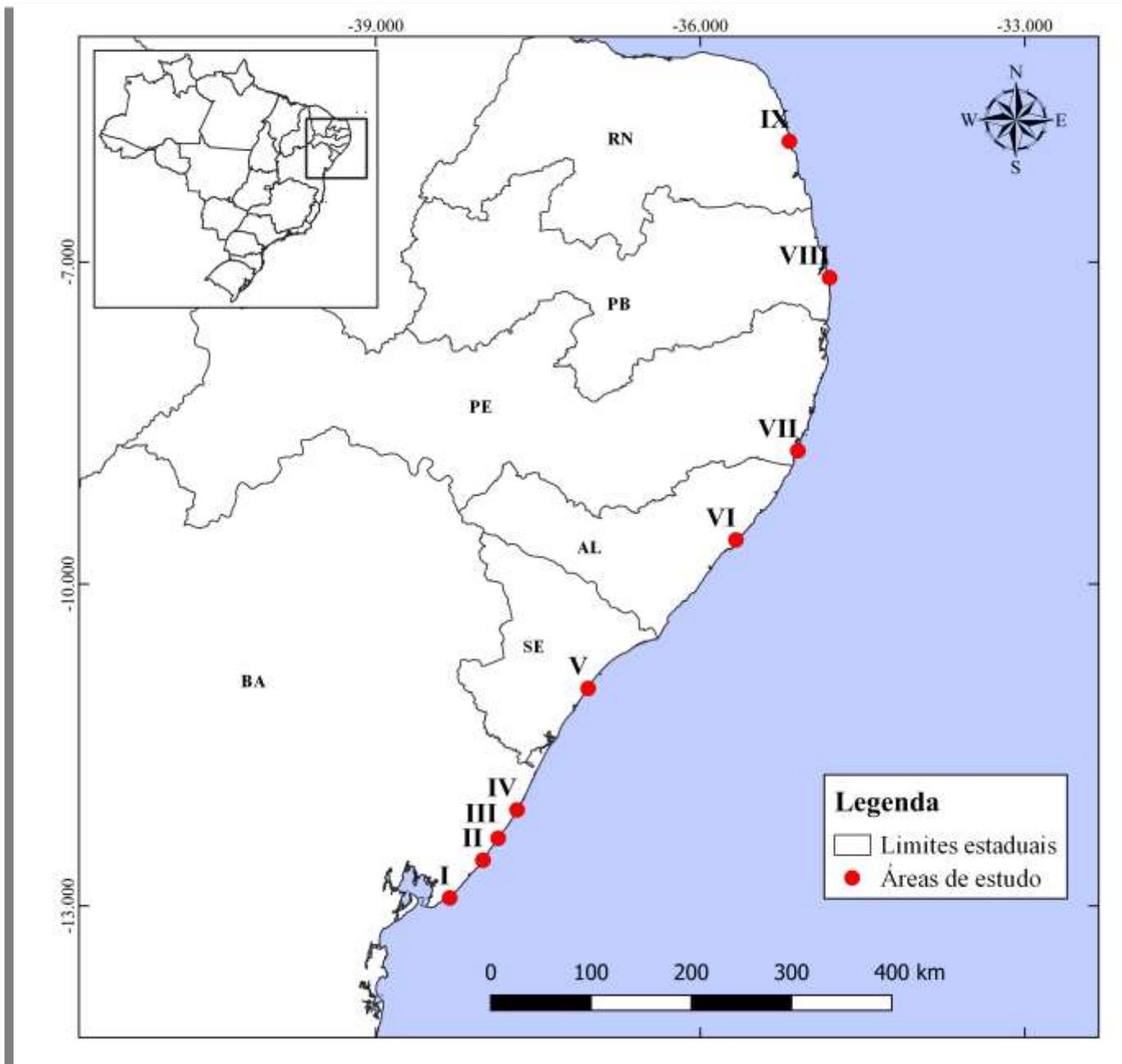
Devido a importância da Restinga e aos impactos gerados pelas invasões biológicas, objetivou-se com o presente trabalho realizar um levantamento das espécies naturalizadas e exóticas invasoras ocorrentes em sítios de Restinga no Nordeste brasileiro.

2. Metodologia

2.1 Locais de estudo

O presente estudo foi realizado em nove cidades de seis estados do Nordeste brasileiro (Figura 1). Informações detalhadas sobre os locais podem ser obtidas na Tabela 1.

Figura 1: Locais estudados. Sendo: I = Salvador, BA; II = Mata de São João, BA; III = Entre Rios, BA; IV = Esplanada, BA; V = Aracaju, SE; VI = Maceió, AL; VII = Tamandaré, PE; VIII = João Pessoa, PB; IX = Natal, RN.



Fonte: Autores (2021).

Tabela 1: Informações sobre as localidades estudadas. Sendo: Af = quente e úmido; Am = tropical de monção; As = tropical com estação seca.

Municípios/UF	Localidades	Coordenadas	Distância percorrida	Clima
Salvador/BA	Praia do Flamengo e Aleluia	12°55'36.72"S; 38°18'59.91"W	3 km	Af
Mata de São João/BA	Praia do Forte	12°34'29,89"S; 38°00'33,60"W	2 km	Af
Entre Rios/BA	Porto do Sauipe	12°22'14.42"S; 37°52'8.87"W	1,5 km	Af
Esplanada/BA	Praia do Baixio	12°6'23.11"S; 37°41'37.51"W	0,06 km	Am
Aracaju/SE	Praia da Aruana e Atalaia	10°58'25,52"S; 37°2'11,29"W	3,8 km	Am
Maceió/AL	Praia Cruz das Almas, Jacarecica do Sul e Guaxuma	9°35'21,63"S; 35°40'12,70"W	3,8 km	Am
Tamandaré/PE	Praia de Tamandaré	8°45'30.1"S; 35°05'48.9"W	0,9 km	Am
João Pessoa/PB	Praia de Cabo Branco e Manaíra	7°8'44,20"S; 34°48'15,69"W	12 km	As
Natal/RN	Praia de Mãe Luiza e Ponta Negra	5°52'27,78"S; 35°10'35,17"W	8,4 km	As

Fonte: Autores (2021); Clima (Alvares et al., 2013).

2.2 Coleta e análise de dados

O levantamento foi realizado por meio de caminhadas (busca ativa) pelas áreas estudadas, onde todas as espécies encontradas foram registradas por meio de fotografias. Foram realizadas ao menos duas expedições para cada município entre os anos de 2016 e 2020. A determinação das espécies ocorreu por meio de consultas a especialistas e a literatura especializada.

As espécies não nativas foram classificadas em naturalizadas ou exóticas invasoras por meio de observação *in situ* e por consulta às bases de dados *online* (CABI, 2021; Base de Dados Nacional de Espécies Exóticas Invasoras, Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental; 2021, ISSG, 2021) e artigos científicos sobre o tema invasão biológica. Foram consideradas naturalizadas as espécies exóticas que se reproduzem e formam populações viáveis apenas próximo a área na qual foram introduzidas (Richardson et al., 2000). Já as exóticas invasoras, as espécies exóticas com capacidade de se dispersar e invadir locais distantes da sua área de introdução inicial (Moro et al., 2012).

Para avaliar a semelhança florística entre as áreas estudadas foram realizadas análises de similaridade de Jaccard (*S_j*). Essas análises foram feitas em três diferentes condições: i) utilizando a lista geral de espécies; ii) utilizando apenas as exóticas invasoras e; iii) utilizando apenas as naturalizadas. Para verificar se o tamanho das áreas amostrais e ou a distância espacial entre elas influenciaram no resultado das análises de similaridade, foram realizadas análises de Mantel com 9.999 randomizações. A significância considerada no teste foi de $p < 0,05$. As avaliações foram efetuadas utilizando o pacote “vegan” (Oksanen et al., 2020) no software R (R Core Team, 2021).

3. Resultados e Discussão

Foram inventariadas 42 espécies não nativas, das quais 33 exóticas invasoras e nove naturalizadas (Tabela 2; Figura 2; Figura 3; Figura 4). A família que apresentou o maior número de espécies foi Poaceae (30,95%), seguida por Fabaceae (9,52%) e Asparagaceae, Apocynaceae, Cucurbitaceae e Euphorbiaceae (7,14%, cada uma). As famílias restantes apresentaram apenas uma espécie cada.

Tabela 2: Espécies naturalizadas (N) e exóticas invasoras (EI) inventariadas nas áreas estudadas. Sendo: 1 = presença da espécie; 0 = ausência da espécie; I = Salvador, BA; II = Mata de São João, BA; III = Entre Rios, BA; IV = Esplanada, BA; V = Aracaju, SE; VI = Maceió, AL; VII = Tamandaré, PE; VIII = João Pessoa, PB; IX = Natal, RN.

Família/Espécie	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Status
ACANTHACEAE										
<i>Asystasia gangetica</i> (L.) T.Anderson	1	0	0	0	0	0	0	0	0	EI
AMARANTHACEAE										
<i>Amaranthus viridis</i> L.	0	0	0	1	1	1	0	1	1	EI
ANACARDIACEAE										
<i>Mangifera indica</i> L.	0	0	0	0	1	1	0	0	0	N
APOCYNACEAE										
<i>Calotropis procera</i> (Aiton) W.T.Aiton	0	1	1	1	0	1	0	1	1	EI
<i>Catharanthus roseus</i> (L.) Don	0	1	0	1	0	1	0	0	0	N
<i>Cryptostegia madagascariensis</i> Bojer	0	0	0	0	0	1	0	0	1	N
ASPARAGACEAE										
<i>Agave angustifolia</i> Haw.	1	0	0	1	0	1	0	1	1	N
<i>Agave sisalana</i> Perrine ex Engelm	1	1	0	0	0	0	1	0	0	N
<i>Sansevieria trifasciata</i> Prain	0	0	0	0	0	0	0	0	1	N
ASTERACEAE										
<i>Cosmos sulphureus</i> Cav.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	EI
CACTACEAE										
<i>Opuntia dillenii</i> (Ker Gawl.) Haw	1	1	1	0	1	1	0	1	1	N
CASUARINACEAE										
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	1	0	0	1	0	1	0	1	1	EI
COMBRETACEAE										
<i>Terminalia catappa</i> L.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	EI
CUCURBITACEAE										
<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. & Nakai	0	0	1	0	0	0	0	0	0	EI
<i>Luffa cylindrica</i> (L.) M.Roem.	0	0	0	0	1	1	0	0	0	EI
<i>Momordica charantia</i> L.	0	0	0	1	1	1	0	1	0	EI
CYPERACEAE										
<i>Cyperus rotundus</i> L.	1	0	0	1	1	1	0	1	0	EI
EUPHORBIACEAE										
<i>Euphorbia cyathophora</i> Murray	0	0	0	0	0	0	1	0	0	N
<i>Jatropha gossypifolia</i> L.	1	1	1	1	1	1	0	1	1	EI
<i>Ricinus communis</i> L.	1	1	0	0	1	1	1	1	1	EI
FABACEAE										
<i>Crotalaria pallida</i> Aiton	0	0	0	1	0	1	0	0	0	EI
<i>Crotalaria retusa</i> L.	0	1	1	1	1	1	0	0	0	EI
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	EI
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	1	1	0	1	0	1	1	1	0	EI

Família/Espécie	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Status
MALVACEAE										
<i>Thespesia populnea</i> (L.) Sol. Ex Corrêa	1	0	0	0	0	1	0	0	0	EI
MYRTACEAE										
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	1	0	0	1	0	1	1	1	0	EI
NYCTAGINACEAE										
<i>Boerhavia diffusa</i> L.	1	0	0	0	1	1	0	1	1	EI
POACEAE										
<i>Arundo donax</i> L.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	N
<i>Cenchrus echinatus</i> L.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	EI
<i>Cenchrus purpureus</i> (Schumach.) Morrone	0	0	0	0	0	1	0	0	0	EI
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	1	1	1	0	1	1	1	1	1	EI
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	1	1	0	1	1	1	0	1	1	EI
<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	0	0	0	0	1	1	0	0	0	EI
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	0	0	0	0	1	1	0	0	0	EI
<i>Eragrostis ciliaris</i> (L.) R.Br.	0	1	0	0	1	0	0	0	0	EI
<i>Eragrostis tenella</i> (L.) P.Beauv. ex Roem. & Schult.	0	1	0	1	0	1	0	0	0	EI
<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs	1	1	0	0	1	1	0	1	1	EI
<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	0	1	0	0	0	1	0	1	0	EI
<i>Sorghum bicolor</i> subsp. <i>arundinaceum</i> (Desv.) de Wet & J.R.Harlan	0	0	0	0	1	1	1	0	0	EI
<i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) R.D.Webster	1	0	0	0	0	1	0	0	0	EI
POLYGONACEAE										
<i>Antigonon leptopus</i> Hook. & Arn.	1	0	0	0	0	1	0	0	0	EI
RUBIACEAE										
<i>Morinda citrifolia</i> L.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	EI

Fonte: Autores (2021).

Figura 2: Espécies exóticas invasoras e naturalizadas inventariadas nas Restingas do Nordeste brasileiro.



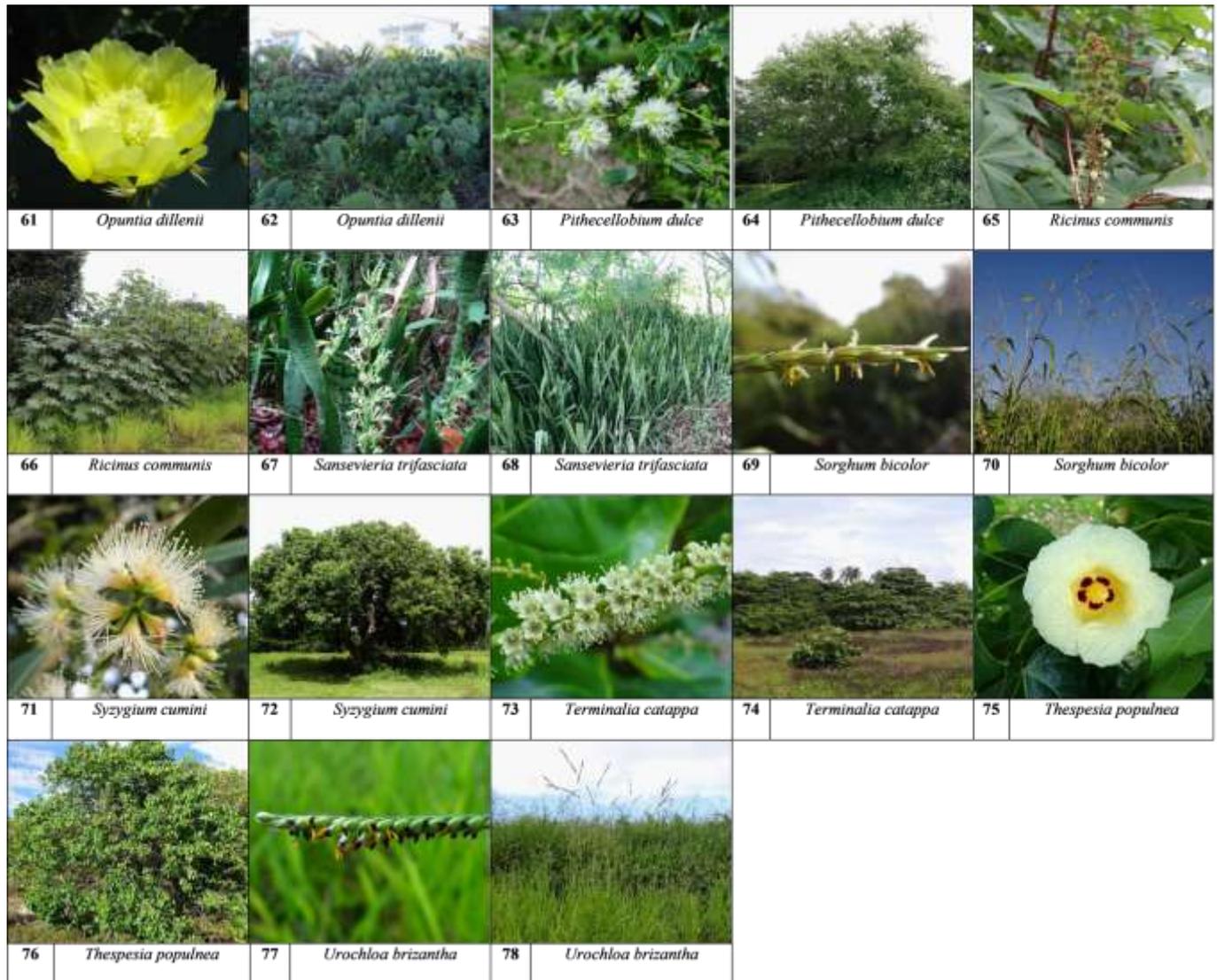
Fonte: Autores (2021).

Figura 3: Espécies exóticas invasoras e naturalizadas inventariadas nas Restingas do Nordeste brasileiro.



Fonte: Autores (2021).

Figura 4: Espécies exóticas invasoras e naturalizadas inventariadas nas Restingas do Nordeste brasileiro.



Fonte: Autores (2021).

A riqueza de plantas naturalizadas e exóticas invasoras encontrada nas áreas estudadas é preocupante, uma vez que é superior a obtida em estudos desenvolvidos em outros biomas/ecossistemas brasileiros (Quartarola et al., 2015; Fabricante et al., 2015; Silva & Fabricante, 2019; Alves & Fabricante, 2019; Araújo et al., 2021). Essa alta riqueza pode ser justificada pelas condições de conservação desse ecossistema. É notório que a pressão antrópica sobre a Restinga é intensa e ocorre desde a chegada dos Europeus ao Brasil (Azevedo, 1994; Thomazi, et al., 2013), gerando ambientes favoráveis ao estabelecimento de processos de invasão biológica. Muitos estudos (Pegado et al., 2006; Hulme, 2009; Guerra et al., 2018) já estabeleceram essa relação.

A proporção entre o número de espécies exóticas invasoras e naturalizadas encontrada é semelhante a alguns outros trabalhos (Quartarola et al., 2015; Silva & Fabricante, 2019; Araújo et al., 2021). Em todos há a predominância de espécies exóticas invasoras quando comparada as naturalizadas. A capacidade dessas espécies (exóticas invasoras) de se dispersar para novas áreas sem ajuda humana devem explicar esses resultados (Richardson et al., 2000; Moro et al., 2012).

É importante ressaltar que espécies naturalizadas podem progredir, no futuro, para a condição de exóticas invasoras (Richardson et al., 2000). Essa progressão pode ocorrer graças a introdução em múltiplos ambientes e ao aumento da

variabilidade genética (Perez, 2006). Além disso, as mudanças climáticas também podem atuar nesse processo (Hellman et al., 2008).

As espécies mais frequentes foram *Leucena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Terminalia catappa* L. e *Cenchrus echinatus* L., registradas em todas as áreas (100%). *Cynodon dactylon* (L.) Pers. e *Jatropha gossypifolia* L. foram amostradas em oito áreas (88,9%). *Opuntia dillenii* (Ker Gawl.) Haw, *Ricinus communis* L. e *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd. em sete áreas (77,8%). *Catharanthus roseus* (L.) Don, *Agave sisalana* Perrine ex Engelm, *Melinis repens* (Willd.) Zizka e *Sorghum bicolor* subsp. *arundinaceum* (Desv.) de Wet & J.R.Harlan em três áreas (33,3%). *Mangifera indica* L., *Cryptostegia madagascariensis* Bojer, *Luffa cylindrica* (L.) M.Roem., *Crotalaria pallida* Aiton, *Thespesia populnea* (L.) Sol. Ex Corrêa, *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D.Webster e *Antigonon leptopus* Hook. & Arn. foram registradas em duas áreas (22,2%). Por fim, as espécies *Cosmos sulphureus* Cav, *Euphorbia cyathophora* Murray, *Arundo donax* L., *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone e *Morinda citrifolia* L. foram observadas em apenas uma área (11,1%).

As espécies mais frequentes possuem características intrínsecas que justificam suas amplitudes de ocorrência. A espécie *L. leucocephala* é uma das 100 exóticas invasoras mais agressivas do mundo (Lowe, Browne, Boudjelas & Poorter, 2000). Ela é extremamente resistente, resiliente e produz altas quantidades de sementes durante o ano todo (Base de Dados Nacional de Espécies Exóticas Invasoras, Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, 2021). A espécie *T. catappa*, por sua vez, forma maciços populacionais capazes de excluir as espécies nativas por meio de competição por recursos e por interferência (Plucênio et al., 2013; Santos & Fabricante, 2018; Base de Dados Nacional de Espécies Exóticas Invasoras, Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, 2021). Já *C. echinatus*, é uma espécie que consegue se dispersar através de diversos vetores e se estabelecer em diferentes ambientes (Base de Dados Nacional de Espécies Exóticas Invasoras, Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, 2021). Além disso, é considerada uma das seis espécies mais agressivas da agricultura moderna (Pacheco & Martins, 1984).

A similaridade, considerando todas as espécies, variou de 0,22 a 0,64, sendo a mais baixa entre as áreas VI e VII e a mais alta entre as áreas VIII e IX (Tabela 3; Figura 5.A). Considerando apenas as exóticas invasoras, a similaridade variou de 0,24 a 0,67, sendo a mais baixa entre as áreas III e VI e a mais alta entre as áreas VIII e IX (Tabela 3; Figura 5.B). Já considerando somente as naturalizadas, a similaridade variou de 0 a 0,67, sendo nula entre várias áreas e a mais alta entre as áreas I e VIII (Tabela 3; Figura 5.C).

Os resultados obtidos nas análises de similaridade demonstram que a composição florística pouco varia em todo o litoral estudado, especialmente quando considerado somente as espécies exóticas invasoras. Especula-se que esses resultados se devem ao elevado potencial de dispersão das exóticas invasoras que as possibilita colonizar novos ambientes além da área de introdução (ver Richardson et al., 2000).

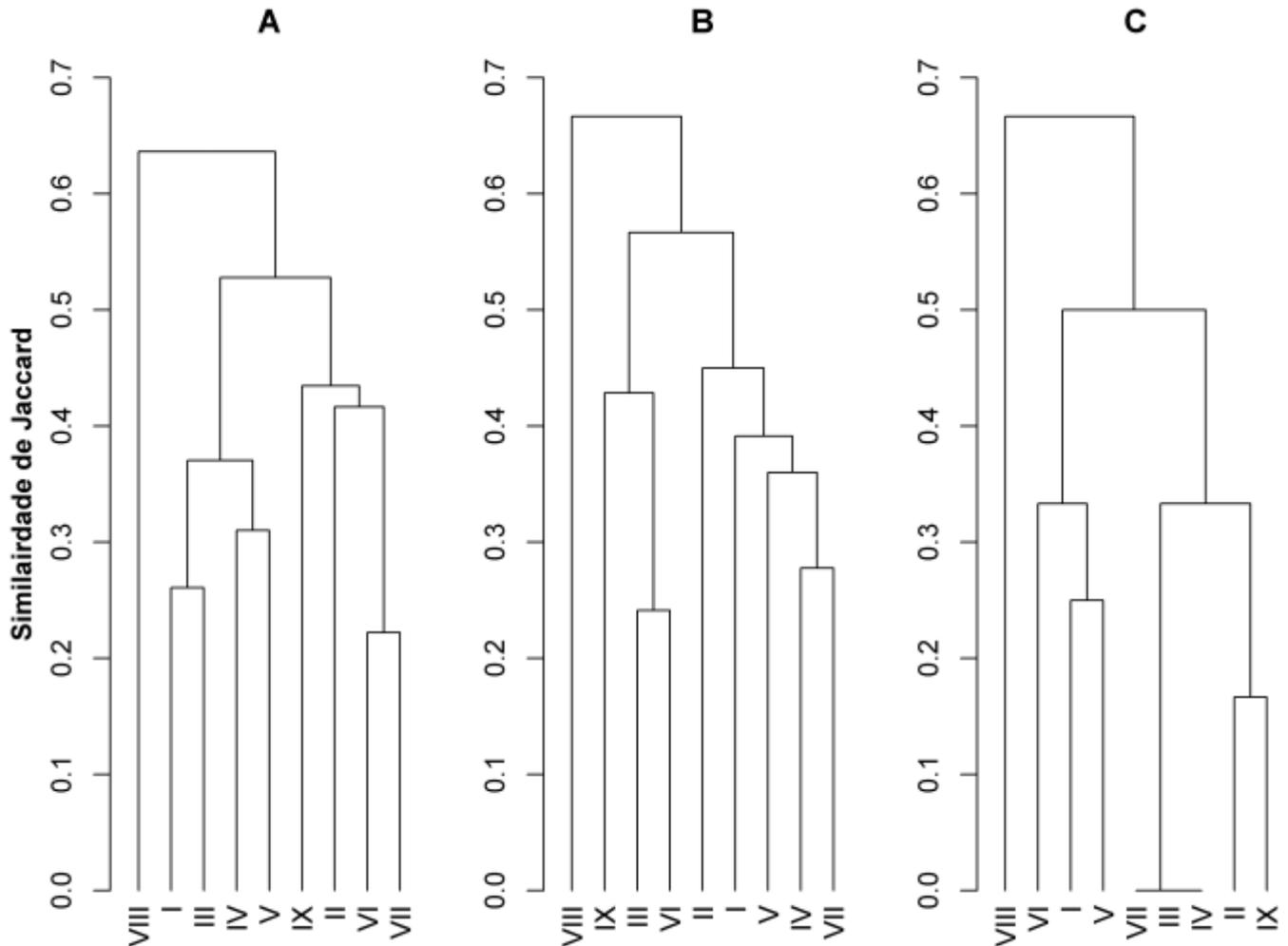
O teste de Mantel indicou não haver dependência espacial nos resultados das análises de similaridade (total - $r = -0,24$, $p = 0,92$; exóticas invasoras - $r = -0,26$, $p = 0,95$; naturalizadas - $r = -0,16$, $p = 0,80$). Segundo o mesmo teste, o tamanho das áreas também não influenciou nesses resultados (total - $r = -0,19$, $p = 0,79$; exóticas invasoras - $r = -0,24$, $p = 0,87$; naturalizadas - $r = -0,05$, $p = 0,53$).

Tabela 3: Similaridade de Jaccard (matrizes). A similaridade foi realizada em três situações: utilizando a lista completa das espécies, apenas as espécies exóticas invasoras e apenas as naturalizadas. Sendo: I = Salvador, BA; II = Mata de São João, BA; III= Entre Rios, BA; IV = Esplanada, BA; V = Aracaju, SE; VI = Maceió, AL; VII = Tamandaré, PE; VIII = João Pessoa, PB; IX = Natal, RN.

Lista completa								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
II	0,42							
III	0,26	0,44						
IV	0,37	0,42	0,30					
V	0,37	0,41	0,30	0,31				
VI	0,50	0,42	0,23	0,50	0,53			
VII	0,36	0,35	0,27	0,23	0,24	0,22		
VIII	0,60	0,48	0,32	0,54	0,46	0,54	0,30	
IX	0,50	0,43	0,39	0,38	0,42	0,43	0,24	0,64
Exóticas invasoras								
II	0,41							
III	0,25	0,47						
IV	0,39	0,45	0,35					
V	0,38	0,43	0,29	0,36				
VI	0,55	0,45	0,24	0,54	0,57			
VII	0,39	0,38	0,33	0,28	0,29	0,29		
VIII	0,59	0,52	0,30	0,57	0,48	0,59	0,37	
IX	0,53	0,53	0,43	0,42	0,48	0,43	0,33	0,67
Naturalizadas								
II	0,50							
III	0,33	0,33						
IV	0,25	0,25	0,00					
V	0,25	0,25	0,50	0,00				
VI	0,29	0,29	0,17	0,33	0,33			
VII	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00		
VIII	0,67	0,25	0,50	0,33	0,33	0,33	0,00	
IX	0,40	0,17	0,25	0,20	0,20	0,43	0,00	0,50

Fonte: Autores (2021).

Figura 5: Similaridade de Jaccard (clusters). A similaridade foi realizada em três situações: utilizando a lista completa das espécies (A), apenas as espécies exóticas invasoras (B) e apenas as naturalizadas (C). Sendo: I = Salvador, BA; II = Mata de São João, BA; III= Entre Rios, BA; IV = Esplanada, BA; V = Aracaju, SE; VI = Maceió, AL; VII = Tamandaré, PE; VIII = João Pessoa, PB; IX = Natal, RN.



Fonte: Autores (2021).

4. Conclusão

A riqueza de exóticas invasoras e naturalizadas encontrada nos sítios de Restinga estudados foi elevada. Dentre as espécies amostradas, várias são consideradas extremamente agressivas, capazes de causar impactos ambientais e econômicos. Desta forma, nossos resultados sugerem que é necessário e urgente o controle das espécies não nativas inventariadas e a recuperação dos sítios estudados.

Referências

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. D., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728.
- Alves, J. S. & Fabricante, J. R. (2019). Exotic Invasive Flora Evaluation on Different Environments and Preservation Conditions from an Area Belonging to Caatinga, Petrolina, PE. *Gaia Scientia*, 13(1), 140-152.
- Araújo, K. C. T., Cruz, A. B. S. & Fabricante, J. R. (2021). Invasão Biológica na Área de Proteção Ambiental Morro do Urubu, Aracaju, Sergipe, Brasil. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 21, 72-82, 2021.

- Assis A. M., Thomaz, L. D. & Pereira, O. J. (2004). Florística de um trecho de restinga no município de Guarapari, Espírito Santo, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 18(1), 191-201.
- Assumpção, J. & Nascimento, M. T. (2000). Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no complexo lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 14(3), 158-164.
- Azevedo, A. (1994). Vilas e cidades do Brasil Colonial. Ensaio de Geografia Urbana Retrospectiva. *Terra Livre*. São Paulo, Associação dos Geógrafos Brasileiros, (10), 23-78.
- Barcelos, M. E., Rigueite, J. R., Silva, L. T. & Ferreira Jr, P. F. (2012). Uma visão panorâmica sobre os solos das restingas e seu papel na definição de comunidades vegetais nas planícies costeiras do sudeste do Brasil. *Natureza online*, 10(2), 71-76.
- Base de Dados Nacional de Espécies Exóticas Invasoras, Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental. <http://bd.institutohorus.org.br>.
- CABI. (2021). <https://www.cabi.org/>.
- CENSO, IBGE. (2021). <http://www.censo2010.ibge.gov.br/>.
- D'antonio, C. & Vitousek, P. M. (1992). Biological invasions by exotic grasses, the grass fire cycle, and global change. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23(1), 63 -87.
- Fabricante, J. R., Araújo, K. C. T., Andrade, L. A. & Ferreira, J. V. A. (2012). Invasão Biológica de *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moraceae) em um Fragmento de Mata Atlântica no Nordeste do Brasil: Impactos sobre a Fitodiversidade e os Solos dos Sítios Invadidos. *Acta Botanica Brasilica*, 26(2), 399-407.
- Fabricante, J. R., Ziller, S. R., Araújo, K. C. T., Furtado, M. D. D. G. & Arantes, B. F. (2015). Non-native and invasive alien plants on fluvial islands in the São Francisco River, northeastern Brazil. *Check List*, 11(1), 1535.
- Guerra, C., Baquero, R. A., Gutiérrez-Arellano, D. & Nicola, G. G. (2018). Is the Natura 2000 network effective to prevent the biological invasions?. *Global Ecology and Conservation*, 18(1), 2351-9894.
- Hellmann, J. J., Byers, J., Britta G. Bierwagen, B. G. & Dukes, J. S. (2008). Five Potential Consequences of Climate Change for Invasive Species. *Conservation Biology*. 22(3), 534-543.
- Hulme, P. E. (2009). Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of applied ecology*, 46(1), 10-18.
- ISSG. (2021). Invasive Species Specialist Group. <http://www.issg.org/>.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. & Poorter, M. (2000). 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database. *The Invasive Species Specialist Group/Species Survival Commission/ World Conservation Union IUCN*, 1(1), 11.
- Moro, M. F., Souza, V. C., Oliveira-filho, A. T. D., Queiroz, L. P. D., Fraga, C. N. D., Rodal, M. J. N., Araujo, F. S. & Martins, F. R. (2012). Alienígenas na sala: o que fazer com espécies exóticas em trabalhos de taxonomia, florística e fitossociologia? *Acta Botanica Brasilica*, 26(4), 991-999.
- Oksanen, F. J., Blanchet, G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., MC Glinn, D., Minchin, P. R., O'hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E. & Wagner, H. (2020). Community Ecology Package. *R package version*, 2(1), 5-7.
- Pacheco, R. P. B. & Marntis, G. (1984). Ciclo de vida, estruturas reprodutivas e dispersão de populações experimentais de capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.). *Planta Daninha*, 7(1), 13-21.
- Parker, I. M., Simberloff, D., Lonsdale, W. M., Goodell, K., Wonham, M., Kareiva, P. M., Williamson, M. H., Von Holle, B., Moyle, P. B., Byers, J. E. & Goldwasser, L. (1999). Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. *Biological invasions*, 1(1), 3-19.
- Pegado, C. M. A., Andrade, L. A. D., Félix, L. P. & Pereira, I. M. (2006). Efeitos da invasão biológica de algaroba: *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. sobre a composição e a estrutura do estrato arbustivo-arbóreo da caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 20(4), 887-898.
- Perez, J. E. (2006). The biology of invasions: the genetic adaptation paradox. *Biological Invasions*, 8(5), 1115-1121.
- Plucênio, R. M., Dechoum, M. S. & Castellani, T. T. (2013). Invasão Biológica em Restinga: O Estudo de caso de *Terminalia catappa* L. (Combretaceae). *Biodiversidade Brasileira*, 3(2), 118-136.
- Quartarola, H. L., Defensor, B. R., Barbosa, B. B. & Morais, T. P. S. (2015). Levantamento fitossociológico de plantas invasoras na recuperação de áreas degradadas no Parque Estadual do Pau Furado, no Triângulo Mineiro. *Semana de Estudos de Engenharia Ambiental*, 3(1), 44-52.
- R Core Team (2020) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Version 4.0.0. <https://www.R-project.org/>.
- Reinhart, K. & Callaway, R. (2006). Soil biota and invasive plants. *The New phytologist*, 170(3), 445-457.
- Richardson, D. M., Pysek, P., Rejmánek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D. & West, C. J. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and distributions*, 6(2), 93-107.
- Santos, J. P. B. & Fabricante, J. R. (2018). Population structure and effects by the invasive exotic indian-almond over autochthonous vegetation from a sandbank. *Neotropical Biology and Conservation*, 13(4), 295-302.
- Silva, F. O. & Fabricante, J. R. (2019). Invasão Biológica no Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco, Brasil. *Revista de Ciências Ambientais*, 13(2), 17-26.

Taylor, B. W. & Irwin, R. E. (2004). Linking economic activities to the distribution of exotic plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(51), 17725–17730.

Thomazi, R. D., Rocha, R. T., Oliveira, M. V., Bruno, A. S. & Silva, A. G. (2013). Um panorama da vegetação das restingas do Espírito Santo no contexto do litoral brasileiro, *Natureza on line*, 11(1), 1-6.

Wolfe, B. E. & Klironomos, J. N. (2005) Breaking new ground: soil communities and exotic plant invasion. *Bioscience*, 55(6), 477-487.

Zenni, R. D. & Ziller, S. R. (2011). An overview of invasive plants in Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, 34(3), 431-446.

Ziller, S. R. & Zalba, S. (2007). Propostas de ação para prevenção e controle de espécies exóticas invasoras. *Natureza & Conservação*, 5(2), 8-15.