

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

Juliano Ricardo Fabricante^{1,5}, Keliannie Carolina Targino de Araújo²,
Leonardo Alves de Andrade³ e Jéssica Viviane Amorim Ferreira⁴

Recebido em 28/06/2011. Aceito em 27/02/2012

RESUMO

(Invasão biológica de *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moraceae) em um fragmento de Mata Atlântica no Nordeste do Brasil: impactos sobre a fitodiversidade e solos dos sítios invadidos). O objetivo do trabalho foi avaliar os impactos causados por *A. heterophyllus* sobre a riqueza e diversidade da vegetação e sobre os solos de um fragmento de Floresta Ombrófila Aberta, Município de Areia, PB. A área estudada localiza-se no Campus II da Universidade Federal da Paraíba. No fragmento, foram instaladas 10 pares de parcelas de 100 m². Metade destas unidades amostrais (AI – ambiente invadido) foi disposta de forma que apresentasse em seu centro um exemplar adulto de *A. heterophyllus*. Paralelamente a cada uma destas parcelas, outra unidade amostral (AN – ambiente natural) foi alocada. Foi avaliado o número de espécies, a abundância de indivíduos, a diversidade e a equabilidade, além da química dos solos. Foram amostrados 14.008 indivíduos pertencentes a 79 espécies, dos quais 12.369 indivíduos de 50 espécies no AI e 1.639 indivíduos de 75 espécies no AN. A diversidade e a equabilidade geral foram, respectivamente, 0,24 e 0,06 no AI e 3,42 e 0,79 no AN. Todas as variáveis apresentaram diferenças significativas demonstrando que *A. heterophyllus* modifica os ambientes onde se dispersa. Quanto aos solos, alguns elementos tiveram suas concentrações mudadas enquanto outros não. Constatou-se que *A. heterophyllus* altera de forma contundente a riqueza de espécies, a diversidade da vegetação e os solos dos sítios invadidos, o que torna necessárias ações de mitigação para o controle da mesma.

Palavras-chave: bioinvasão, Floresta Ombrófila Aberta, jaca

ABSTRACT

(Biological invasion of *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moraceae) in an Atlantic Forest fragment in Northeastern Brazil: impacts on phytodiversity and soils of invaded sites). The objective of this study was to evaluate the impacts caused by *A. heterophyllus* on the richness and diversity of vegetation, and the soils, in a fragment of open rainforest, in Areia, PB. The study area is located in the Campus II of Universidade Federal da Paraíba. In this fragment, 10 pairs of plots of 100 m² were established. Half of these sampling units (AI - environment invaded) were laid out so there was an adult *A. heterophyllus* in the center. Alongside each of these plots, one sample unit (AN - natural environment) was allocated. We evaluated the number of species, the abundance of individuals, diversity and evenness, and the chemistry of the soils. We sampled 14,008 individuals belonging to 79 species, of which there were 12,369 individuals and 50 species in the AI and 1,639 individuals and 75 species in the AN. The diversity and evenness of AI were 0.24 and 0.06, respectively, and for AN they were 3.42 and 0.79. All variables were significantly different showing that *A. heterophyllus* modify the environments where it grows. The concentrations of some elements in the soil changed while others did not. It was found that *A. heterophyllus* forcefully alters species richness, diversity of vegetation and soils of invaded sites, which suggests that actions to control this species are necessary.

Key words: bioinvasion, jackfruit, Rain Forest

¹ Universidade Federal do Vale do São Francisco, Centro de Referência para Recuperação de Áreas Degradadas, Petrolina, PE, Brasil

² Universidade Estadual da Paraíba, Graduação em Ciências Biológicas, Campina Grande, PB, Brasil

³ Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Fitotecnia, Areia, PB, Brasil

⁴ Universidade Federal do Vale do São Francisco, Graduação em Ciências Biológicas, Petrolina, PE, Brasil

⁵ Autor para correspondência: julianofabricante@hotmail.com

Introdução

O domínio da Mata Atlântica abrange 15 Estados brasileiros e possui área original de ca. 1.300.000 km² (SNE 2002, MMA 2004) que se estende do Cabo de São Roque a 5° S, no Estado do Rio Grande do Norte até o Rio Taquari a 30° S no Estado do Rio Grande do Sul (Joly *et al.* 1999). Estima-se que restam atualmente apenas 11-16% de sua cobertura original (Ribeiro *et al.* 2009). Em particular, o Estado da Paraíba que originalmente possuía 12% de seu território coberto por essas formações florestais, teve sua área drasticamente reduzida para 1,2%, ou seja, um decréscimo na ordem de 90,3% (SNE 2002). Tida como a 2ª floresta mais ameaçada do planeta e enquadrada entre os *Hotspots* pela Organização *Conservation International* (2011), a Mata Atlântica possui em seus domínios mais de 15.700 espécies de plantas das quais por volta de 7.100 apresentam algum grau de endemismo (Stehmann *et al.* 2009).

Atualmente, a diversidade da Mata Atlântica se encontra bastante ameaçada, devido à intensa ocupação antrópica sofrida ao longo do tempo. A situação da região Nordeste é ainda mais grave por possuir um grau de degradação maior que em outras regiões do Brasil (Silva & Tabarelli 2000), em decorrência da devastação de grandes áreas para a implantação da monocultura da cana-de-açúcar, que resultou no surgimento de uma paisagem extremamente fragmentada (Silva *et al.* 2006). A antropização sofrida pela Mata Atlântica facilita a ocorrência de um fenômeno ameaçador à sua biodiversidade, que são as invasões biológicas. De acordo com Ziller & Galvão (2002), invasão biológica é o processo de introdução e consequente adaptação de espécies que não fazem parte naturalmente de um determinado ecossistema, mas que se naturalizam e passam a provocar mudanças em seus processos ecológicos.

Uma das espécies que vem demonstrando comportamento invasor na Mata Atlântica é *Artocarpus heterophyllus* (jaca ou jaqueira). Árvore, pertencente à família Moraceae, nativa do sudeste asiático (Chaves *et al.* 1967, Ferrão 1993), que devido aos seus frutos carnosos, foi introduzida em diversos países com o intuito alimentar, porém, tem se tornado indesejável em alguns locais, a exemplo do Parque Nacional da Tijuca no Rio de Janeiro (Abreu & Rodrigues 2010). Naquele Estado, a espécie foi introduzida a aproximadamente 150 anos por meio de um reflorestamento (Bandeira 1993).

Estes relatos também são corroborados por observações *in loco* no *Campus II* da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), no município de Areia e se repetem em vários fragmentos da região dos “brejos de altitude” (disjunção de Mata Atlântica) e na Mata Atlântica do litoral nordestino (J. R. Fabricante, dados não public.). As populações da espécie em questão vêm ocorrendo ora em ambientes antropogênicos, ora em meio à vegetação nativa, principalmente em suas bordas, porém não restrita às mesmas. Neste contexto, o presente trabalho busca primeiramente responder se *A.*

heterophyllus altera de maneira significativa aspectos biofísicos do fragmento em questão.

Em adição, a área potencial de invasão da espécie foi aqui determinada por meio de modelagem de nicho ecológico, visando subsidiar inferências sobre a amplitude do problema no Brasil. A modelagem de nicho é uma ferramenta que vem sendo amplamente utilizada, principalmente, para a tomada de decisão em iniciativas conservacionistas (Elith *et al.* 2006) e em estudos com espécies exóticas, é um importante instrumento para o desenvolvimento de estratégias de manejo dos ambientes susceptíveis à invasão das espécies (Guglieri *et al.* 2009).

Especificamente, os objetivos do trabalho foram avaliar os impactos causados por *A. heterophyllus* sobre a riqueza, diversidade da fitocenose e solos de um fragmento de Floresta Ombrófila Aberta e avaliar a susceptibilidade das formações vegetacionais brasileiras à invasão por esta espécie. A obtenção desses dados visa diagnosticar a situação da espécie em uma formação florestal nordestina e subsidiar políticas públicas adequadas para o manejo da espécie.

Material e métodos

A área estudada localiza-se no Centro de Ciências Agrárias, *Campus II* da UFPB, município de Areia, PB. O estudo foi conduzido em um fragmento de Floresta Ombrófila Aberta, com área de um pouco mais de 50 ha (6°58'1,9" S e 35°43'4,2" W, 592 m de altitude média). Segundo moradores antigos da vizinhança, a vegetação do fragmento nunca foi totalmente suprimida, mas sempre sofreu corte seletivo e com a instalação da Universidade, essa prática foi reduzida consideravelmente.

O local está situado sob o clima do tipo As, segundo a classificação de Koppen (McKnight & Hess 2000), ou seja, tropical quente úmido, com precipitação média anual superior a 1.400 mm. Os solos são predominantemente Podzólicos Vermelho-Amarelo Equivalente Eutrófico (Brasil 1972).

Foram instaladas 10 pares de parcelas de 100 m² (10 x 10 m). Metade destas unidades amostrais (AI – ambiente invadido) foi disposta de forma que apresentasse em seu centro um indivíduo adulto de *A. heterophyllus*. Paralelamente a cada uma dessas parcelas, a uma distância máxima de 2 m e mínima de 1 m, outra unidade amostral (AN – ambiente natural) foi alocada. Estas foram dispostas em sítios típicos do fragmento, ou seja, não invadidos pela espécie em questão, sendo considerados, portanto, como testemunhas para o teste da hipótese do presente estudo.

No interior das parcelas todos os indivíduos arbustivos e arbóreos foram contabilizados e com esses valores foi calculada a densidade (Dens) das espécies (Müller-Dombois & Ellemberg 1974). Também foi avaliada a diversidade segundo o índice de Diversidade de Shannon-Weaver (*H'*) (Shannon & Weaver 1949), e a equabilidade, através do índice de Pielou (*E*) (Pielou 1977).

O número de indivíduos e o número de espécies foram comparados por meio do teste de Kruskal-Wallis (*H*) (*p*

$\leq 0,05$), com as diferenças entre os postos avaliada por Dunn ($p \leq 0,05$) (Zar 1999), quando os dados apresentaram distribuição não-normal ou, por Tukey ($p \leq 0,05$) (Tukey 1959), quando a distribuição era normal. A normalidade dos valores foi avaliada por D'Agostino ($p \leq 0,05$) (D'Agostino *et al.* 1990). Diferenças entre as diversidades foram verificadas pelo teste t ($p \leq 0,05$) (Lehmann 1997). Para avaliar a similaridade entre os ambientes foram utilizados o coeficiente binário de Jaccard (S_j) (Müller-Dombois & Elleberg 1974) e o de distância de Bray-Curtis (D_{A-B}) (Bray & Curtis 1957).

Em cada parcela quatro amostras de solo na profundidade de 0-20 cm foram coletadas e homogêneas para compor uma amostra composta por unidade amostral. Com elas foram realizadas análises químicas seguindo os procedimentos recomendados por EMBRAPA (1997). Os resultados foram submetidos a análise de variância, com as médias dos ambientes comparadas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$) (Tukey 1959).

Visando inferir sobre a área potencial de dispersão/invasão de *A. heterophyllus* no Brasil, foi realizada uma análise de modelagem de nicho ecológico. Os pontos de georreferenciamento de ocorrência da espécie foram obtidos em trabalhos científicos (Nunes 2004, Abreu & Rodrigues 2005, Abreu 2008, Boni *et al.* 2009, Abreu & Rodrigues 2010, Novelli *et al.* 2010) e nas bases de dados do CRIA (2011) e do Instituto Horus (2011). Para a geração do modelo preditivo de hábitat potencial, foi utilizado o algoritmo BIOCLIM, que é considerado um dos mais eficientes para este tipo de análise em regiões da América do Sul (Elith *et al.* 2006).

A classificação taxonômica foi elaborada de acordo com o Sistema APG III (2009), disponível na base de dados Tropicos (2010) do *Missouri Botanical Garden, Saint Louis, Missouri, USA*. As análises estatísticas foram executadas utilizando-se os softwares Past 1.12[®] (Hammer *et al.* 2003), MVSP 3.1[®] (Kovach 2005), BioEstat 5.0[®] (Ayres *et al.* 2007) e DIVA-GIS 5.2[®] (Hijmans *et al.* 2009).

Resultados e discussão

Foram amostrados 14.008 indivíduos (Dens = 70.040 indivíduos/ha) pertencentes a 79 espécies, dos quais 12.369 indivíduos (Dens = 123.690 indivíduos/ha) de 50 espécies no AI e 1.639 indivíduos (Dens = 16.390 indivíduos/ha) de 75 espécies no AN. Do total de indivíduos do AI, 11.955 (Dens = 119.550 indivíduos/ha) eram de *A. heterophyllus* e 414 (Dens = 4.140 indivíduos/ha) eram das outras 49 espécies (Tab. 1).

A alta densidade observada para *A. heterophyllus* no fragmento estudado é diferente dos padrões de abundância da espécie em sua área de dispersão original. Na Índia ela é considerada rara, apresentando poucos indivíduos por hectare (Chittibabu & Parthasarathy 2000). Alguns fatores apontados por Abreu (2008), tais como (i) diferenças climáticas entre os locais, como ausência de uma estação seca marcante, característica das regiões de clima de monção, (ii)

ausência de espécies que dominem os estratos da vegetação, assim como ocorre em Florestas Tropicais asiáticas, (iii) produção elevada de frutos, e (iv) alto índice de germinação das sementes em campo, seriam prováveis facilitadores para a explosão populacional verificada.

Os valores da densidade de *A. heterophyllus*, porém, devem ser relativizados uma vez que as parcelas do AI foram direcionadas para onde haviam matrizes da espécie. Se calcularmos a densidade da exótica tomando como área amostral os 50 ha do fragmento, a mesma possuiria 2.391 indivíduos/ha. A despeito de bem menor, essa abundância ainda se diferencia enormemente da encontrada nas suas áreas de ocorrência natural e é maior que das espécies autóctones encontradas em estudos realizados nas formações florestais da região (Oliveira *et al.* 2006, Xavier *et al.* 2009). Nas parcelas do AN as duas espécies com maiores densidades também apresentaram valores inferiores: 1.930 indivíduos ha (*Erythroxylum simonis*) e 1.580 indivíduos ha (*Brosimum guianense*). O número de espécies no AI foi de $14,7 \pm 7,9$ e no AN $25,9 \pm 8,8$ (média \pm desvio padrão, em todo texto). A diferença observada foi significativa (teste de Tukey, $F = 8,95$, $p = 0,0077$), demonstrando que a riqueza de espécies é menor onde há a presença de *A. heterophyllus* (Fig. 1a).

O número de indivíduos, quando se inclui *A. heterophyllus* na avaliação, foi de $1.236,9 \pm 842,2$ no AI e de $163,9 \pm 86,9$ no AN, e de $41,4 \pm 31,5$ indivíduos quando se exclui *A. heterophyllus*. As diferenças na abundância de espécimes entre os ambientes foram significativas para ambos os casos, sendo que com a presença de *A. heterophyllus* ela foi maior no AI ($H = 13,17$, $p = 0,0003$) e com a exclusão da espécie, foi maior no AN ($F = 14,16$, $p = 0,0017$) (Fig. 1b e 1c).

Fatores tais como a existência de substâncias alelopáticas presentes nos tecidos do táxon (Perdomo & Magalhães 2007) e a alteração da química e fertilidade dos solos ocasionada pela presença da espécie (ver abaixo), concorrem para explicar as mudanças constatadas. Exclusão de espécies, aumento na densidade por área e diminuição do número de indivíduos das espécies nativas são apontados por diversos autores como as principais consequências da invasão biológica (*e.g.*, Breitenbach 1986, Versfeld & Van Wilgen 1986, Rapoport 1991, Richardson & Higgins 1998, Parker *et al.* 1999, Rejmánek *et al.* 2005, Ziller & Zalba 2007, Andrade *et al.* 2008, Andrade *et al.* 2009, Andrade *et al.* 2010, Abreu & Rodrigues 2010).

Quase todas as parcelas apresentaram similaridade, não havendo uma diferenciação entre aquelas invadidas e as não invadidas pela análise de Jaccard (Fig. 2). Porém, as parcelas no AI e no AN apresentaram dissimilaridade entre si, formando dois grupos distintos quando os dados foram submetidos à análise de Bray-Curtis (Fig. 3). A diferença nesses resultados demonstra que os impactos da invasão de *A. heterophyllus* sobre a fitocenose são mais evidenciados quando se considera não só a presença e ausência de espécies, mas, também a abundância das espécies.

Tabela 1. Lista de espécies amostradas por ambiente em um fragmento de Mata Atlântica, Areia, PB. Sendo: AI – Ambiente Invadido; AN – Ambiente Natural.

Família/Espécie	Nome Vulgar	Ambiente
ANACARDIACEAE		
<i>Mangifera indica</i> L.	Manga	AI e NA
<i>Spondias mombin</i> L.	Cajá	AI e NA
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Cupiúba Branca	AI e NA
<i>Tapirira</i> sp1.	Cupiúba Preta	NA
<i>Thyrsodium spruceanum</i> Salzm. ex Benth.	Caboatam Rosa	AI e NA
sp1.	Cupiúba Rosa	AI e NA
ANNONACEAE		
<i>Guatteria</i> sp.	Maria Preta	NA
APOCYNACEAE		
<i>Himatanthus phagedaenicus</i> (Mart.) Woodson.	Lagarteiro	AI e NA
<i>Tabernaemontana heterophilla</i> Vahl.	Leiteiro	AI e NA
ARACACEAE		
<i>Acrocomia intumescens</i> Drude	Macaíba	AI e NA
<i>Attalea oleifera</i> Barb. Rodr.	Pindoba	NA
ARALIACEAE		
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Steyemark & Frodin	Sabaquim	AI e NA
BIGNONIACEAE		
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vanl) G. Nicholson	Ipê	AI
BORAGINACEAE		
<i>Cordia</i> sp1.	Gagaúba	NA
<i>Cordia</i> sp2.	Louro Frei Jorge	NA
BURCERACEAE		
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Amescla	AI e NA
CANNABACEAE		
<i>Celtis</i> sp.	Cabrinha	AI e NA
CECROPIACEAE		
<i>Cecropia palmata</i> Willd.	Imbaúba	AI e NA
CHRYSOBALANACEAE		
<i>Hirtella americana</i> L.	Quina-Quina	NA
<i>Licania rigida</i> Benth.	Oiticica	AI e NA
CLUSICACEAE		
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl) Pers.	Pau Sangue	AN
ERYTHROXYLACEAE		
<i>Erythroxylum simonis</i> Plowman	Guarda Orvalho	AI e AN
EUPHORBIACEAE		
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill.	Cocão	AI e AN
sp.	Tamanqueiro	AN

Continua.

Tabela 1. Continuação.

Família/Espécie	Nome Vulgar	Ambiente
FABACEAE		
<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip ex Record	Vassourinha	AI e AN
<i>Albizia</i> sp.	Bordão de Velho	AI e AN
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	Sucupira	AN
<i>Bowdichia</i> sp1.	Sucupira Cancha	AI
<i>Himenaea courbaril</i> L.	Jatobá	AN
<i>Inga ingoides</i> (Rich) Will.	Ingá	AI e AN
<i>Leuchocarpus araripensis</i> Benth.	Piaca	AN
<i>Machaerium aculeata</i> (Raddi) DC.	Espinheiro Rei	AI e AN
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Madeira Nova	AI
<i>Senna georgica</i> H.S. Irwin & Barneby	Lava Prato	AN
<i>Piptadenia viridiflora</i> (Kunth) Benth.	Amorosa	AN
LAMIACEAE		
<i>Vitex rufescens</i> A. Juss.	Mama Cachorro	AN
LAURACEAE		
<i>Ocotea glomerata</i> (Nees) Mez.	Louro Preto	AI e AN
<i>Ocotea</i> sp.	Louro Canela	AI e AN
LECYTHIDACEAE		
<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Miers.	Imbiriba	AI e AN
MALPGHIACEAE		
<i>Byrsonima sericea</i> DC.	Muricí	AI e AN
MALVACEAE		
<i>Luehea olivariata</i> Mart.	Pereiro	AN
MELASTOMATACEAE		
<i>Miconia hypoleuca</i> Cogn.	Cinzeiro	AI e AN
<i>Tibouchina candolleana</i> DC. Cogn.	Guachumbi	AI e AN
sp1.	Manacá	AN
MORACEAE		
<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	Jaca	AI e AN
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	Quiri	AI e AN
<i>Sorocea ilicifoilia</i> Miq.	Burra Leitera	AI e AN
sp1.	Tatajuba	AI e AN
MYRTACEAE		
<i>Campomanesia synchrona</i> O. Berg.	Guabiraba	AI e AN
<i>Myrcia silvatica</i> Barb. Rodr.	Cuipuna	AI e AN
<i>Myrcia</i> sp1.	Cuipuna Branca	AI e AN
<i>Myrcia</i> sp2.	Cuipuna Rosa	AI
<i>Myrcia</i> sp3.	Guabiraba de Soim	AI e AN
<i>Myrciaria cauliflora</i> (Mart.) O. Berg	Jaboticaba	AI e AN
sp1.	Canela de Veado	AN

Continua.

Tabela 1. Continuação.

Família/Espécie	Nome Vulgar	Ambiente
NYCTAGINACEAE		
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz.	João Mole	AI e AN
PIPPERACEAE		
<i>Piper aduncum</i> L.	Pimenta Dada	AI e AN
POLYGONACEAE		
<i>Coccolobo</i> sp.	Crauassú	AN
RUBIACEAE		
<i>Coffea arabica</i> L.	Café	AN
<i>Guettarda sericea</i> Müll. Arg.	Pau Jitó	AI e AN
SALICACEAE		
<i>Casearia hirsuta</i> SW.	Café Bravo	AI e AN
<i>Casearia sylvestris</i> SW.	Carniceiro	AI e AN
SAPINDACEAE		
<i>Allophylus laevigatus</i> Radlk.	Estraladeira	AI e AN
<i>Cupania revoluta</i> Rolfe	Caboatã de Rego	AI e AN
<i>Cupania</i> sp1.	Caboatã Liso	AI e AN
<i>Talisia esculenta</i> (A. St.Hil) Radlk.	Pitomba	AI e AN
<i>Talisia</i> sp1.	Pitomba Branca	AI e AN
SAPOTACEAE		
<i>Chrysophyllum</i> sp1.	Pororoca	AI e AN
<i>Chrysophyllum</i> sp2.	Laque	AN
SIMAROUBACEAE		
<i>Simarouba versicolor</i> A. St. Hil	Praiba	AI e AN
SOLANACEAE		
<i>Capsicum parvifolium</i> Sendth.	Pimenta de Cutia	AN
TILIACEAE		
<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	Jangada	AN
INDETERMINADA		
sp1.	Espinheiro Verde	AN
sp2.	Feijão de Bode	AN
sp3.	Mariá	AN
sp4.	Moranguinho	AN
sp5.	Pinheiro Verde	AN
sp6.	Pitiá	AN
sp7.	Sebo de Carneiro	AN

A diversidade e a equabilidade geral foram, respectivamente, 0,24 e 0,06 no AI e 3,42 e 0,79 no AN. A média da diversidade das parcelas foi $0,2788 \pm 0,2893$ no AI e $2,5168 \pm 0,4076$ no AN. Essa diferença foi altamente significativa ($t = 106,97$; $p < 0,0001$) (Tab. 2). Além da exclusão de espécies, a grande abundância da exótica em relação às demais, fez com que a equabilidade fosse sensivelmente diminuída

refletindo sobre a diversidade do AI. Em área invadida por *A. heterophyllum* no Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro, os valores de diversidade foram semelhantes aos do AI do presente estudo (Abreu & Rodrigues 2010). Esses valores foram muito inferiores aos de outras áreas de “brejo de altitude” (formação florestal disjunta de Mata Atlântica) (Andrade *et al.* 2006, Oliveira *et al.* 2006, Xavier *et al.* 2009),

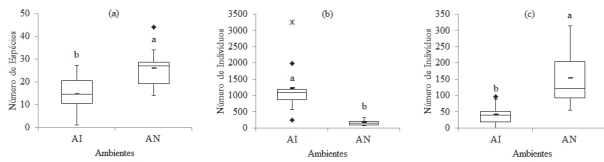


Figura 1. Boxplot do número de espécies (a), número de indivíduos incluindo *Artocarpus heterophyllus* (b) e número de indivíduos excluindo *Artocarpus heterophyllus* (c) por ambiente em um fragmento de Mata Atlântica, Areia, PB. Sendo: AI – Ambiente invadido; AN – Ambiente Natural. O box representa 50% da amostra, os traço a média aritmética, o losango valores isolados e o asterisco valores extremos. Letras iguais não diferem entre si a uma probabilidade $\leq 0,05$, onde (a) e (c) comparados por Tukey e (b) por Kruskal-Wallis.

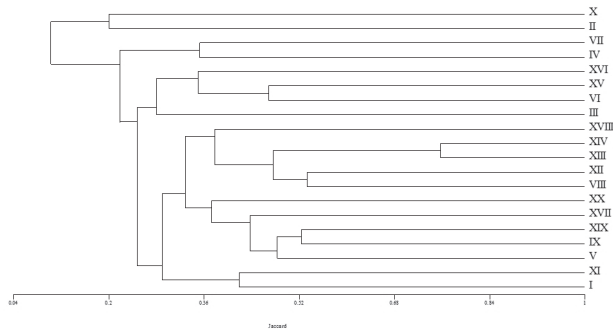


Figura 2. Dendrograma de similaridade florística obtido por uma matriz de presença/ausência, das parcelas amostradas em um fragmento de Mata Atlântica, Areia, PB, utilizando o quociente de Jaccard. Sendo: I-X – parcelas do Ambiente Invadido (AI); XI-XX – parcelas do Ambiente Natural (AN).

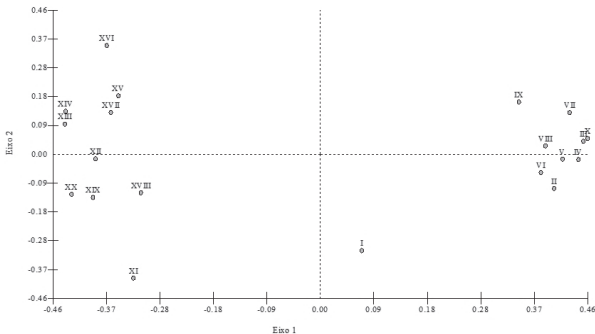


Figura 3. Ordenação por distância de Bray-Curtis das parcelas amostradas em um fragmento de Mata Atlântica, Areia, PB. Sendo: I-X – parcelas do Ambiente Invadido (AI); XI-XX – parcelas do Ambiente Natural (AN).

sendo que os do AN foram semelhantes aos destas áreas, indicando que a espécie afeta de forma incisiva a biodiversidade de sítios invadidos.

As concentrações de Fósforo, Potássio, Sódio, Cálcio, Carbono e Matéria Orgânica, não diferiram significativamente, ou seja, mantiveram-se nas mesmas proporções. Já o pH, e as concentrações de Cálcio+Magnésio, Magnésio, Alumínio e Hidrogênio+Alumínio apresentaram alterações significativas (Tab. 3). O pH teve sua concentração elevada pela presença da espécie, diminuindo a acidez dos solos. O Cálcio+Magnésio também apresentaram alterações significativas, porém, quando analisados separadamente, observou-se que apenas o magnésio difere entre os ambien-

tes, neste caso os sítios invadidos tiveram o aumento deste elemento em particular. No caso do Hidrogênio+Alumínio e do alumínio, observou-se que suas alterações foram na diminuição no ambiente invadido.

Provavelmente, as alterações se devem ao aumento significativo na densidade de plantas por área. Conforme Breytenbach (1986), isso implica em modificações drásticas no consumo dos recursos naturais disponíveis. As invasões biológicas podem causar impactos em diversos níveis, como por exemplo, sobre os processos dos ecossistemas, tais como a disponibilidade de nutrientes (Parker *et al.* 1999). Alguns táxons são capazes de promover alterações nesses processos, como é o caso de espécies de *Pinus*, que alteram o pH dos solos com consequentes alterações na microfauna e microflora, inviabilizando assim a sobrevivência de espécies de vertebrados e invertebrados (Rapoport 1991).

Segundo a análise de modelagem de nicho, *A. heterophyllus* tem uma área potencial de dispersão/invasão que compreende parte significativa dos domínios de Mata Atlântica (Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecidual – IBGE 1992), principalmente as regiões mais próximas ao litoral, cujo grau de vulnerabilidade varia de médio a alto. Também se observa uma pequena porção de Cerrado (Savana – IBGE 1992) com susceptibilidade de ocorrência variando de média a baixa (Fig. 4).

A área potencial apontada para *A. heterophyllus*, está inserida nas áreas brasileiras prioritárias para a conservação da biodiversidade (Hotspots) pela Organização *Conservation International* (2011). Destaca-se que juntas, Mata Atlântica e Cerrado, possuem mais de 12.000 espécies vegetais endêmicas (*Conservation International* 2011), que perdem a cada ano espaço para atividades humanas e ainda para espécies exóticas, como a aqui estudada.

Frisa-se que apesar de apresentar potencial de ocorrência nessas regiões, não são em todas as áreas que a espécie apresenta o mesmo comportamento. Em algumas áreas, a espécie está representada primordialmente por indivíduos adultos, sem indícios de regeneração natural expressiva (L. Freitas, comun. pess.). Até o momento, não está claro quais fatores atuariam para diferenciar o comportamento destas populações, cabendo estudos nesse sentido.

Conclui-se que a espécie *A. heterophyllus* causa significativas alterações na riqueza, diversidade e solos dos sítios invadidos estudados. Apesar da importância da espécie como recurso forrageiro para a fauna nativa, e como alimento para o homem, *A. heterophyllus* deve ser considerada uma importante ameaça à vegetação nativa, tornando-se necessário e urgente ações de manejo e controle da mesma, principalmente em fragmentos de Mata Atlântica onde já se pode observar regenerantes da espécie.

Tabela 2. Diversidade de Shannon-Weaver (H') e equabilidade de Pielou (E) das parcelas amostradas em um fragmento de Mata Atlântica, Areia, PB. Sendo: I-X – parcelas do Ambiente Invadido (AI); XI-XX – parcelas do Ambiente Natural (AN).

Amostras	H'	E
I	0,886	0,327
II	0	0
III	0,137	0,055
IV	0,158	0,062
V	0,328	0,108
VI	0,544	0,176
VII	0,053	0,023
VIII	0,533	0,162
IX	0,09	0,034
X	0,059	0,037
Média ± d.p.	0,279 ± 0,289	0,098 ± 0,099
Geral	0,24	0,06
XI	2,427	0,721
XII	3,077	0,823
XIII	3,06	0,875
XIV	2,872	0,892
XV	2,355	0,732
XVI	2,332	0,823
XVII	1,728	0,655
XVIII	2,3	0,734
XIX	2,402	0,831
XX	2,615	0,793
Média ± d.p.	2,517 ± 0,408	0,788 ± 0,075
Geral	3,42	0,79
Total	0,866	0,198

Tabela 3. Química e fertilidade dos solos dos ambientes estudados. Sendo: AI – ambiente invadido; AN – ambiente natural. Letras iguais não diferem (ns) entre si a uma probabilidade $\leq 0,05$ segundo o teste Tukey.

Elementos	Ambientes	
	AI	AN
pH	5,57±0,33 ^a	5,01±0,49 ^b
Fósforo	2,63±0,94 ^a	2,56±0,89 ^a
Potássio	83,15±37,16 ^a	65,15±37,85 ^a
Sódio	0,19±0,09 ^a	0,16±0,09 ^a
Calcio+Magnésio	5,38±1,74 ^a	3,02±1,67 ^b
Cálcio	2,61±0,56 ^a	1,96±1,13 ^a
Magnésio	2,78±1,62 ^a	1,07±0,67 ^b
Alumínio	0,07±0,13 ^a	0,52±0,55 ^b
Hidrogênio+Alumínio	5,35±1,73 ^a	8±3,49 ^b
Carbono	19,17±3,44 ^a	18,95±5,12 ^a
Matéria Orgânica ^{ms}	33,04±5,93 ^a	32,67±8,82 ^a



Figura 4. Área potencial de dispersão/invasão de *Artocarpus heterophyllus* no Brasil, a partir de modelagem de nicho ecológico utilizado o algoritmo BIOCLIM.

Referências bibliográficas

Abreu, R.C.R. 2008. **Dinâmica de populações da espécie exótica invasora *Artocarpus heterophyllus* L. (Moraceae) no Parque Nacional da Tijuca - Rio de Janeiro.** Dissertação de Mestrado em Botânica, Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro.

Abreu, R.C.R. & Rodrigues, P.J.F.P. 2005. Estrutura de populações de jaqueiras, subsídios para manejo e conservação da Mata Atlântica. In: **I Simpósio Brasileiro sobre Espécies Exóticas Invasoras. Brasília.**

Abreu, R.C.R. & Rodrigues, P.J.F.P. 2010. Exotic tree *Artocarpus heterophyllus* (Moraceae) invades the Brazilian Atlantic Rainforest. **Rodriguésia** 61(4): 677-688.

Andrade, L.A.; Fabricante, J.R. & Alves, A.S. 2008. Algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.): Impactos sobre a Fitodiversidade e Estratégias de Colonização em Área Invadida na Paraíba, Brasil. **Natureza & Conservação** 6(1): 61-67.

Andrade, L.A.; Fabricante, J.R. & Oliveira, F.X. 2009. Invasão biológica por *Prosopis juliflora* (Sw.) DC.: impactos sobre a diversidade e a estrutura do componente arbustivo-arbóreo da Caatinga no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Acta Botanica Brasílica** 23(4): 935-943.

Andrade, L.A.; Fabricante, J.R. & Oliveira, F.X. 2010. Impactos da invasão de *Prosopis juliflora* (sw.) DC. (Fabaceae) sobre o estrato arbustivo arbóreo em áreas de Caatinga no Estado da Paraíba Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences** 32(3): 240-255.

Andrade, L.A.; Oliveira, F.X.; Nascimento, I.S.; Fabricante, J.R.; Sampaio, E.V.S.B. & Barbosa, M.R.V. 2006. Análise florística e estrutural de matas ciliares ocorrentes em brejo de altitude, no município de Areia, Paraíba. **Revista Brasileira Ciências Agrárias** 1(1): 31-40.

APG. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society** 161: 105-121.

- Ayres, M.; Ayres, M.J.; Ayres, D.L. & Santos, S.A. 2007. **Bioestat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biomédicas**. Belém, Mamirauá/CNPq.
- Bandeira, C.M. 1993. **Parque Nacional da Tijuca**. Markom Books, São Paulo.
- Boni, R.; Novelli, F.Z. & Silva, A.G. 2009. Um alerta para os riscos de bioinvasão de jaqueiras, *Artocarpus heterophyllus* Lam., na Reserva Biológica Paulo Fraga Rodrigues, antiga Reserva Biológica Duas Bocas, no Espírito Santo, Sudeste do Brasil. **Natureza on line** 7: 51-55. Brasil. 1972. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do estado da Paraíba**. Rio de Janeiro: SUDENE (Boletim Técnico, 15).
- Bray, R.J. & Curtis, J.T. 1957. An ordination of the upland forests communities of southern Winesconsin. **Ecological Monography** 27: 325-349.
- Breytenbach, G.J. 1986. Impacts of alien organisms on terrestrial communities with emphasis on communities of the south-western Cape. Pp. 229-238. In: Macdonald, I.A.W.; Kruger, F.J.; Ferrara, A.A. **The ecology and management of biological invasions in Southern Africa**. Cape Town, Oxford University Press.
- Chaves, C.M.; Martins, H.F.; Carauta, J.P.P.; Lanna-Sobrinho, J.P.; Vianna, M.C. & Silva, S.A.F. 1967. **Arboreto Carioca**. Centro de Conservação da Natureza, Rio de Janeiro.
- Chittibabu, C.V. & Parthasarathy, N. 2000. Attenuated tree species diversity in humanimpacted tropical evergreen forest sites at Kolli hills, Eastern Ghats, India. **Biodiversity and Conservation** 9: 1493-1519.
- Conservation International. 2011. Biodiversity Hotspots. Disponível em: <http://www.biodiversityhotspots.org/Pages/default.aspx>. (Acesso em: 12/02/2011).
- Convention On Biological Diversity. 2005. **Handbook of the Convention on Biological Diversity Including its Cartagena Protocol on Biosafety**. 3rd edition, Montreal, Canada.
- CRIA. 2011. Specieslink. Disponível em: <http://sblink.cria.org.br/>. (Acesso em: 02/03/2011).
- D'agostino, R.B.; Balanger, A. & D'agostino Jr, R.B. 1990. A Suggestion for Using Powerful and Informative Tests of Normality. **American Statistical Association** 44(4): 316-321.
- Elith, J.; Graham, C.H.; Anderson, R.P.; Dudik, M.; Ferrier, S.; Guisan, A.; Hijmans, R.J.; Huettmann, F.; Leathwick, J.R.; Lehmann, A.; Li, J.; Lohmann, L.G.; Loiselle, B.A.; Manion, G.; Moritz, C.; Nakamura, M.; Nakazawa, Y.; Overton, J.M.; Peterson, T.A.; Phillips, S.J.; Richardson, K.; Scachetti-Pereira, R.; Schapire, R.E.; Soberon, J.; Williams, S.; Wisz, M.S. & Zimmermann, N.E. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. **Ecography** 29: 129-151.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual e Métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA/CPS. 1997.
- Ferrão, J.E.M. 1993. **A aventura das plantas e os descobrimentos portugueses**. Instituto de Investigação Científica Tropical, Lisboa.
- Guglieri, A., Caporal, F.J.M. & Sciamarelli, A. 2009. Modelos de distribuição geográfica de cinco gramíneas invasoras em Mato Grosso do Sul, Brasil. Pp. 834-843. In: **Anais do 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá, Embrapa Informática Agropecuária/INPE**.
- Hammer, O.; Harper, D.A. & Ryan, P.D. 2003. **PAST 1.12**. Paleontological Statistics.
- Hijmans, R.J.; Guarino, L.; Jarvis, A.; O'brien, R. & Mathur, P. 2009. **DIVAGIS 5.2**. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI).
- Joly, C.A. *et al.* 1999. Evolution of the Brazilian phytogeography classification system: Implication for biodiversity conservation. **Ciência e Cultura** 51(5/6): 331-348.
- IBGE. 1992. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, (Série Manuais Técnicos em Geociências).
- Instituto Horus. 2011. *Artocarpus heterophyllus*. Disponível em: <http://www.institutohorus.org.br/>. (Acesso em 02/03/2011).
- Kovach, W.L. 2005. **MVSP**. A MultiVariate Statistical Package for Windows, ver. 3.1. Pentraeth, Wales, Kovach, Computing Services.
- Lehmann, E.L. 1997. **Testing statistical hypotheses**. 2.ed. New York, Springer-Verlag.
- Mcknight, T.L. & Hess, D. 2000. **Climate zones and types: the koppen system, physical geography: a landscape appreciation**. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- MMA. 2004. Dados da Mata Atlântica. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. (Acesso em: 18/10/2004).
- Muller-Dombois, D. & Ellemberg, H. 1974. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York, John Wiley & Sons.
- Novelli, F.Z.; Moreira, R.P.G.; Duca, C. & Silva, A.G. 2010. O papel da barocoria na estruturação da população da jaqueira, *Artocarpus heterophyllus* Lam. na Reserva Biológica de Duas Bocas, Cariacica, Espírito Santo. **Natureza on line** 8(2): 91-94.
- Nunes, E.L. 2004. **Análise e regeneração de espécies arbóreas em um trecho com plantio de *Arthocarpus* sp. (jaqueira) na reserva Biológica de Duas Bocas, Cariacica-ES**. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Ciências Biológicas. Santa Teresa, Escola de Ensino Superior do Educandário Seráfico São Francisco de Assis.
- Oliveira, F.X.; Andrade, L.A. & Félix, L.P. 2006. Comparações florísticas e estruturais entre comunidades de floresta ombrófila aberta com diferentes idades, no município de Areia, Paraíba. **Acta Botanica Brasílica** 20: 861-873.
- Parker, I.M. *et al.* 1999. Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. **Biological Invasions** 1: 3-19.
- Perdomo, M. & Magalhães, L.M.S. 2007. Ação alelopática (*Artocarpus heterophyllus*) em laboratório. **Floresta e Ambiente** 14(1): 52-55.
- Pielou, U.C. 1977. **Mathematical diversity**. New York, John Wiley.
- Rapoport, E.H. 1991. Contaminação por espécies. **Ciência Hoje** 13(75): 52-57.
- Rejmánek M.; Richardson, D.M. & Pysek, P. 2005. Plant invasions and invasibility of plant communities. Pp. 332-355. In: Van Der Maarel, E. (Ed.), **Vegetation ecology**, Oxford, Blackwell Publishers.
- Ribeiro, M.C.; Metzger, J.P.; Martensen, A.C.; Ponzoni, F.J. & Hirota, M.M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation** 142: 1144-1156.
- Richardson, D.M. & Higgins, S.I. 1998. Pines as invaders in the southern hemisphere. Pp. 450-473. In: Richardson, D.M. (Ed.) **Ecology and biogeography of Pinus**. Cambridge, Cambridge University Press.
- Shannon, C.E. & Weaver, W. 1949. **The Mathematical Theory of Communication**. Urbana, University Illinois Press.
- Silva, J.M.C.; Tabarelli, M. 2000. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northerastern Brazil. **Nature** 404: 72-74.
- Silva, M.C.; Queiroz, J.E.R.; Araujo, K.D. & Pazerá Jr, E. 2006. Condições ambientais da Reserva Ecológica Estadual da Mata Pau Ferro, Areia-PB. **Revista Geografia** 15(1): 51-63.
- SNE. 2002. **Mapeamento da Mata Atlântica, seus ecossistemas associados: Paraíba e Rio Grande do Norte**. Relatório técnico.
- Stehmann, J.R.; Forzza, R.; Salino, A.; Sobral, M.; Costa, D.P.; Kamino, L.H.Y. 2009. **Plantas da Floresta Atlântica**. Rio de Janeiro, Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- TROPICOS. 2011. Tropicos. Disponível em: <http://www.tropicos.org/>. (Acesso em: 19/03/2011).
- Tukey, J.W. 1959. A Quick, Compact, Two-Sample Test to Duckworth's Specifications. **Technometrics** 1(1): 31.
- Versfeld, D.B. & Van Wilgen, B.W. 1986. Impact of woody aliens on ecosystem properties. Pp. 239-246. In: Macdonald, I.A.W.; Kruger, F.J.; Ferrara, A.A. **The ecology and management of biological invasions in southern Africa**. Cape Town, Oxford University Press.
- Xavier, K.R.F.; Andrade, L.A.; Coelho, M.S.E.; Assis, F.N.M. & Fabricante, J.R.; Impactos do fogo sobre o componente arbustivo-arbóreo de um remanescente de Floresta Ombrófila Aberta, Areia, Estado da Paraíba. **Acta Scientiarum. Biological Sciences** 31(4): 407-413.
- Zar, J. H. 1999. **Biostatistical analysis**. New Jersey, Prentice-Hall.
- Ziller, S.R. & Galvão, F.A. 2002. Degradação da estepe gramineolenhosa no Paraná por contaminação biológica de *Pinus elliotti* e *P. taeda*. **Floresta** 32(1): 41-47.
- Ziller, S.R. & Zalba, S. 2007. Propostas de acao para prevencao e controle de especies exoticas invasoras. **Natureza & Conservação** 5(2): 8-15.