

## Distribuição de espécies exóticas invasoras em diferentes cenários no território brasileiro

Distribution of invasive alien species in different scenarios in Brazilian territory

Distribución de especies exóticas invasoras en diferentes escenarios del territorio brasileño

Recebido: 16/02/2022 | Revisado: 24/02/2022 | Aceito: 25/02/2022 | Publicado: 07/03/2022

**Daniel Oliveira Reis**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3969-4842>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: [daniel.olive@gmail.com](mailto:daniel.olive@gmail.com)

**Kelianne Carolina Targino de Araújo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3088-5925>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: [kelikarolina@hotmail.com](mailto:kelikarolina@hotmail.com)

**Francielly Oliveira da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8495-9248>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: [franoliveiradasilva226@gmail.com](mailto:franoliveiradasilva226@gmail.com)

**Mirella Ítala de Almeida Gabriel Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9816-4908>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: [mirellaalmeida23@gmail.com](mailto:mirellaalmeida23@gmail.com)

**Juliano Ricardo Fabricante**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4767-7302>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: [julianofabricante@hotmail.com](mailto:julianofabricante@hotmail.com)

### Resumo

As invasões biológicas contribuem de forma significativa para a perda de biodiversidade global. Apesar do crescente número de trabalhos sobre a temática, ainda são necessários estudos que abordem a distribuição dessas espécies. O objetivo deste estudo foi avaliar a dispersão de cinco espécies exóticas invasoras (*Artocarpus heterophyllus*, *Crotalaria retusa*, *Leucaena leucocephala*, *Megathyrus maximus* e *Prosopis juliflora*) em razão do bioma, clima, Unidades de Conservação Federais e uso e ocupação dos solos. Para isso, foram obtidos pontos de ocorrência georreferenciados das espécies nas bases de dados specieslink e Gbif. Esses pontos foram plotados nos mapas temáticos confeccionados no software Qgis 3.18.3. A espécie *M. maximus* foi a que apresentou maior número de registros no Brasil (644), seguida por *C. retusa* (446), *L. leucocephala* (426), *A. heterophyllus* (315) e *P. juliflora* (150). O bioma com maior ocorrência das exóticas invasoras foi a Mata Atlântica (948), seguido pela Caatinga (423) e Cerrado (334). A maioria dos táxons apresentou ocorrência em quase todas as classes climáticas. Quanto a distribuição das espécies nas unidades de conservação federais, *C. retusa* esteve presente em 40 delas, *M. maximus* em 20, *L. leucocephala* em 10, *A. heterophyllus* em cinco e *P. juliflora* em quatro. Todas as espécies apresentaram maior ocorrência em sítios com uso e ocupação dos solos antrópicos. Nossos resultados revelaram que as espécies avaliadas apresentam ampla distribuição pelo território brasileiro e ocorrem em boa parte das condições investigadas, portanto, é necessário que políticas públicas sejam criadas a fim de promover a erradicação dessas espécies.

**Palavras-chave:** Invasão biológica; Biodiversidade; Mapas temáticos.

### Abstract

Biological invasions contribute significantly to the loss of global biodiversity. Despite the growing number of works on the subject, studies that address the distribution of these species are still needed. The objective of this study was to evaluate the dispersion of five invasive exotic species (*Artocarpus heterophyllus*, *Crotalaria retusa*, *Leucaena leucocephala*, *Megathyrus maximus* and *Prosopis juliflora*) according to biome, climate, Federal Conservation Units and land use and occupation. For this, georeferenced occurrence points of the species were obtained from the specieslink and Gbif databases. These points were plotted on thematic maps made in the Qgis 3.18.3 software. The species *M. maximus* was the one with the highest number of records in Brazil (644), followed by *C. retusa* (446), *L. leucocephala* (426), *A. heterophyllus* (315) and *P. juliflora* (150). The biome with the highest occurrence of invasive exotics was the Atlantic Forest (948), followed by the Caatinga (423) and Cerrado (334). Most taxa were found in almost all climate classes. Regarding the distribution of species in federal conservation units, *C. retusa* was present in 40 of them, *M. maximus* in 20, *L. leucocephala* in 10, *A. heterophyllus* in five and *P. juliflora* in four. All species

showed higher occurrence in sites with use and occupation of anthropic soils. Our results revealed that the evaluated species have a wide distribution throughout the Brazilian territory and occur in most of the investigated conditions, therefore, it is necessary that public policies are created in order to promote the eradication of these species.

**Keywords:** Biological invasion; Biodiversity; Thematic maps.

### Resumen

Las invasiones biológicas contribuyen significativamente a la pérdida de la biodiversidad mundial. A pesar del creciente número de trabajos sobre el tema, aún se necesitan estudios que aborden la distribución de estas especies. El objetivo de este estudio fue evaluar la dispersión de cinco especies exóticas invasoras (*Artocarpus heterophyllus*, *Crotalaria retusa*, *Leucaena leucocephala*, *Megathyrus maximus* y *Prosopis juliflora*) según bioma, clima, Unidades Federales de Conservación y uso y ocupación del suelo. Para ello se obtuvieron puntos de ocurrencia georreferenciados de las especies de las bases de datos specieslink y Gbif. Estos puntos fueron trazados en mapas temáticos realizados en el software Qgis 3.18.3. La especie *M. maximus* fue la que presentó el mayor número de registros en Brasil (644), seguida de *C. retusa* (446), *L. leucocephala* (426), *A. heterophyllus* (315) y *P. juliflora* (150). El bioma con mayor ocurrencia de especies exóticas invasoras fue el Bosque Atlántico (948), seguido por Caatinga (423) y Cerrado (334). La mayoría de los taxones se encontraron en casi todas las clases climáticas. En cuanto a la distribución de especies en unidades de conservación federales, *C. retusa* estuvo presente en 40 de ellas, *M. maximus* en 20, *L. leucocephala* en 10, *A. heterophyllus* en cinco y *P. juliflora* en cuatro. Todas las especies presentaron mayor ocurrencia en sitios con uso y ocupación de suelos antrópicos. Nuestros resultados revelaron que las especies evaluadas tienen una amplia distribución en todo el territorio brasileño y ocurren en la mayoría de las condiciones investigadas, por lo tanto, es necesario que se creen políticas públicas para promover la erradicación de estas especies.

**Palabras clave:** Invasión biológica; Biodiversidad; Mapas temáticos.

## 1. Introdução

As invasões biológicas (IB) são consideradas um dos maiores problemas ambientais da atualidade (Didham et al., 2005; Garces & Flores, 2018; Pagad et al., 2018). Elas causam a perda de biodiversidade e alteram o funcionamento dos ecossistemas (Vitule & Prodocimo, 2012). Segundo Wittenberg e Cock (2001), as IB podem levar a extinção metade dos mamíferos que ocorrem no planeta. Como apresentado por Doherty et al. (2016), predadores mamíferos invasores contribuíram para 58% da extinção dos vertebrados modernos. Destes, somente os gatos domésticos já contribuíram para extinção de cerca de 63 espécies de vertebrados continentais (Loss & Marra, 2017).

As IB também geram outros impactos, como sociais, culturais e econômicos (Leão et al., 2011). Os prejuízos com as IB, por exemplo, são estimados em 1,4 trilhões de dólares anuais, valor que representa por volta de 5% da economia global (Azevedo et al., 2010; Diagne et al., 2021). De acordo com Adelino et al. (2021), os custos econômicos dessas invasões biológicas no Brasil podem alcançar bilhões de reais. Grande parte desses recursos são destinados a elaboração de estratégias de prevenção, mitigação e reparo de danos causados pelas invasões biológicas (Oliveira et al., 2013; Oliveira et al., 2014; Pozebon et al., 2020).

Diante dos problemas causados pelas IB, estudos que busquem avaliar a distribuição das espécies exóticas invasoras em diferentes cenários se tornam importantes. Nesse sentido, a cartografia pode ser utilizada como uma ferramenta para esse fim. Pois segundo Resendes et al. (2006), mapas cartográficos são instrumentos que permitem uma representação visível de aspectos geográficos. Além disso, a confecção de mapas temáticos pode fornecer informações como localização e padrões espaciais permitindo identificar a distribuição geográfica de atributos ou variáveis (Slocum, 1999).

As espécies *Artocarpus heterophyllus* Lam., *Crotalaria retusa* L., *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Megathyrus maximus* (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs e *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. são exóticas invasoras que apresentam ampla distribuição no território brasileiro e que causam diferentes impactos. Portanto, são ótimos modelos para esse tipo de estudo.

*A. heterophyllus* possui sua origem no continente asiático (Sahni, 2000) e foi uma das primeiras árvores exóticas introduzidas na Mata Atlântica (Dean, 1996). A espécie possui a capacidade de alterar o pH dos solos e diminuir a riqueza e

diversidade de comunidades de plantas (Leão et al., 2011; Fabricante et al., 2012). Em ambientes invadidos por essa espécie, pequenos mamíferos acabam dispersando-a em detrimento das nativas (Leão et al., 2011), podendo resultar no aumento da dominância de *A. heterophyllus* (Zenni & Ziller, 2011).

A *C. retusa* possui sua origem no continente Asiático e foi introduzida no Brasil visando à recuperação de solos degradados (Santana & Figueiredo, 2019). No entanto, de acordo com Nobre et al. (2004), esta espécie está gerando impactos negativos e causando prejuízos econômicos para os criadores de equinos na região semiárida, pois, foi observado que *C. retusa* é tóxica para esses animais.

A espécie *L. leucocephala*, por sua vez, é nativa da América Central (Base de Dados Nacional de Espécies Exóticas Invasoras, Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, 2022). Ela tem a capacidade de interferir na resiliência de sítios invadidos (Wolfe & Van Bloem, 2012; Barros et al., 2020), além de ser tóxica para animais (Alves et al., 2014). O táxon *M. maximus*, originário da África, possui substâncias alelopáticas em seus tecidos que são capazes de impedir o desenvolvimento de outras espécies (Rosa et al., 2011). Ferreira et al. (2008) afirmam ainda que esses efeitos são capazes de prejudicar a germinação de sementes de diversas espécies nativas, e esta ação pode estar contribuindo para a expansão da espécie nos campos nativos no Rio Grande do Sul (RS), por exemplo. Devido sua capacidade de acumular grandes quantidades de biomassa, esta espécie também pode facilitar a ocorrência de incêndios (Ferreira & Maia-Barbosa, 2013).

Já a *P. juliflora* é uma árvore originária das regiões semiáridas das Américas (Dias et al., 2018) que foi introduzida no Brasil como forrageira e produtora de madeira (Silveira et al., 2021). Ela afeta negativamente a estrutura da comunidade das áreas invadidas (Andrade et al., 2010), é capaz de alterar a química dos solos e reduzir os recursos hídricos (Dzikiti et al., 2013).

Diante da gravidade dos impactos causados pelas espécies em questão, o presente trabalho teve como objetivo apresentar e avaliar a distribuição das espécies exóticas invasoras *A. heterophyllus*, *C. retusa*, *L. leucocephala*, *M. maximus* e *P. juliflora* em diferentes cenários (solos, biomas, clima e UCs – Unidades de Conservação Federais) a fim de fornecer um panorama geral da distribuição dessas espécies no território brasileiro através da elaboração de mapas temáticos.

## 2. Metodologia

Inicialmente foram coletados pontos de ocorrência georreferenciados das espécies estudadas *A. heterophyllus*, *C. retusa*, *L. leucocephala*, *M. maximus* e *P. juliflora* nas bases de dados specieslink (2022) e Gbif (2022). Esses pontos foram filtrados mediante exclusão de coordenadas repetidas ou inválidas. Em seguida, os pontos foram plotados em diferentes mapas temáticos.

Posteriormente foram obtidos shapes de diferentes cenários. Os shapes dos biomas brasileiros e do uso de solo foram adquiridos na plataforma do Projeto MapBiomas (2022). Já o shape das Unidades de Conservação Federais do país foi adquirido no Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO, 2022). O mapa com a distribuição climática de Köppen (Alvares et al., 2013) foi obtido no Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF, 2022).

Por fim, os shapes e os pontos georreferenciados foram exportados para o software Qgis 3.18.3 com intuito de confeccionar os mapas temáticos. Para contagem dos registros das espécies em cada shape foi utilizada a ferramenta “Contagem de pontos em polígono” presente na aba “Vetor” do software citado.

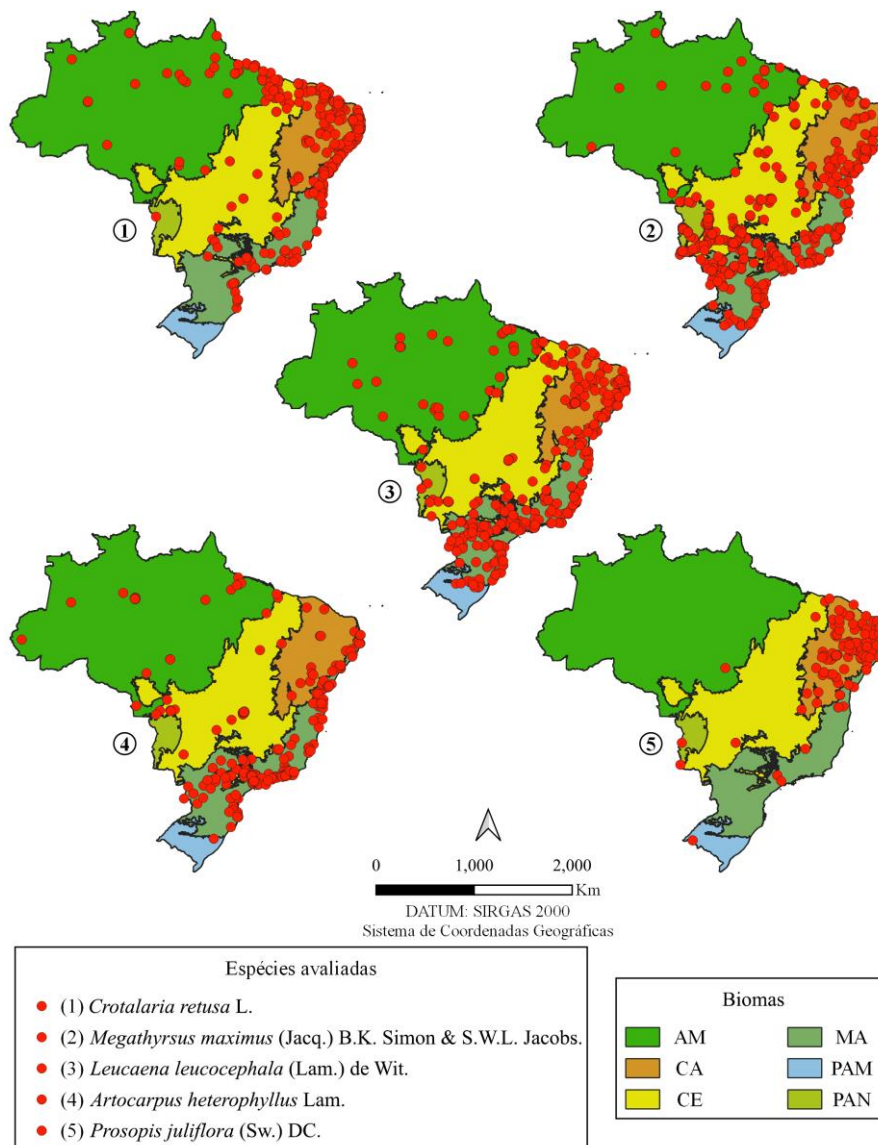
Adicionalmente, os pontos de ocorrência das espécies foram utilizados para calcular a Extensão de Ocorrência (EOO) e a Área de Ocupação (AOO) das espécies. Para calcular a EOO foi traçado um polígono utilizando o princípio do mínimo do polígono convexo (baseado em IUCN, 2019). Posteriormente, esse polígono foi gradeado com células de 4 km<sup>2</sup> e aquelas com presença confirmada da espécie foram contabilizadas para calcular sua AOO (baseado em IUCN, 2019). Essas análises foram

feitas utilizando a ferramenta Geocat (2022).

### 3. Resultados

A espécie *Megathyrus maximus* foi a que apresentou maior número de registros no Brasil (644), seguida por *Crotalaria retusa* (446), *Leucaena leucocephala* (426), *Artocarpus heterophyllus* (315) e *Prosopis juliflora* (150). A Mata Atlântica foi o bioma com maior número de registros de ocorrências (948), seguido da Caatinga (423), Cerrado (334), Amazônia (202), Pantanal (60) e Pampa (14) (Figura 1).

**Figura 1:** Pontos de ocorrência das espécies *Artocarpus heterophyllus* Lam., *Crotalaria retusa* L., *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Megathyrus maximus* (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs e *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. por bioma. Sendo: AM = Floresta Amazônica; CA = Caatinga; CE = Cerrado; MA = Mata Atlântica; PAM = Pampa; PAN = Pantanal.

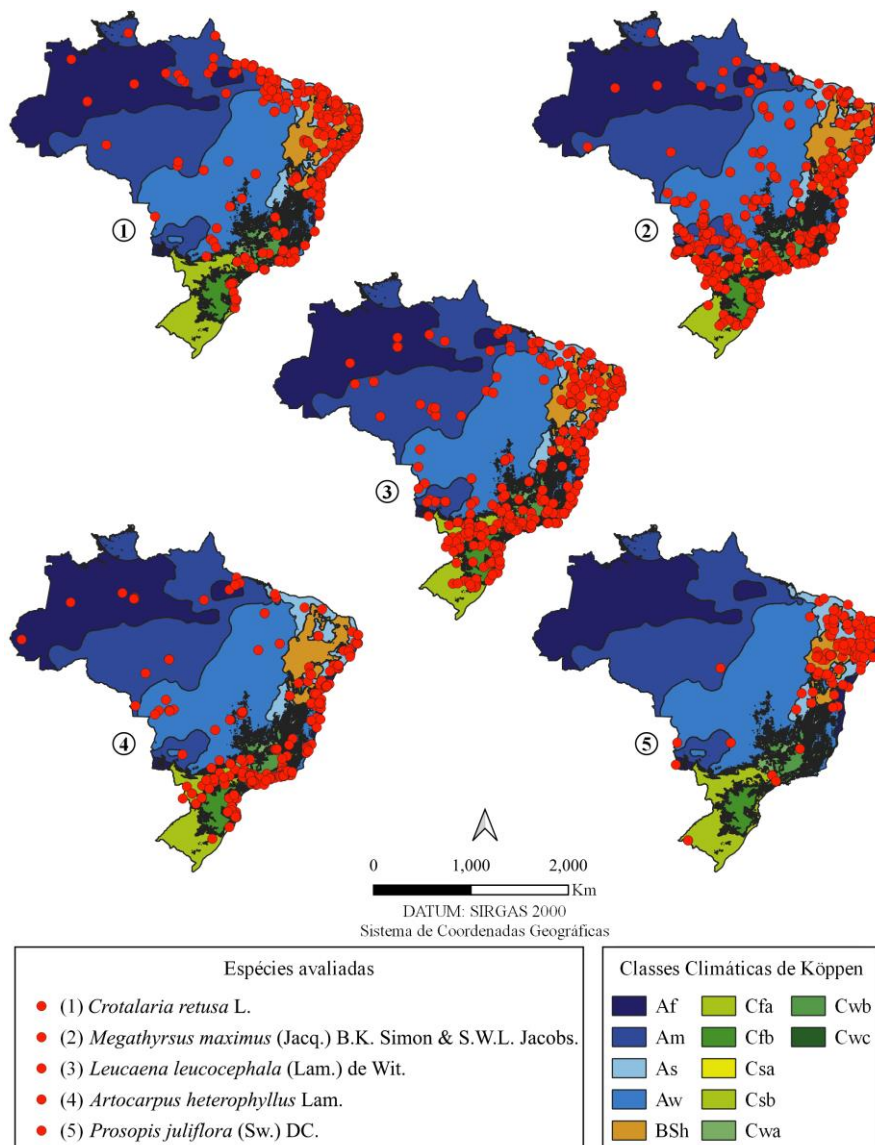


Fonte: Autores.

A maioria dos táxons apresentou ocorrência em quase todas as classes climáticas avaliadas (Figura 2). As únicas classes que não apresentaram registros foram “Csa”, “Csb” e “Cwc”. A espécie *C. retusa* teve como classe de maior ocorrência

“As” com 160 pontos, *M. maximus* “Aw” com 216, *L. leucocephala* “Cfa” com 106, *A. heterophyllus* “Af” com 72 e *P. juliflora* “Bsh” com 87.

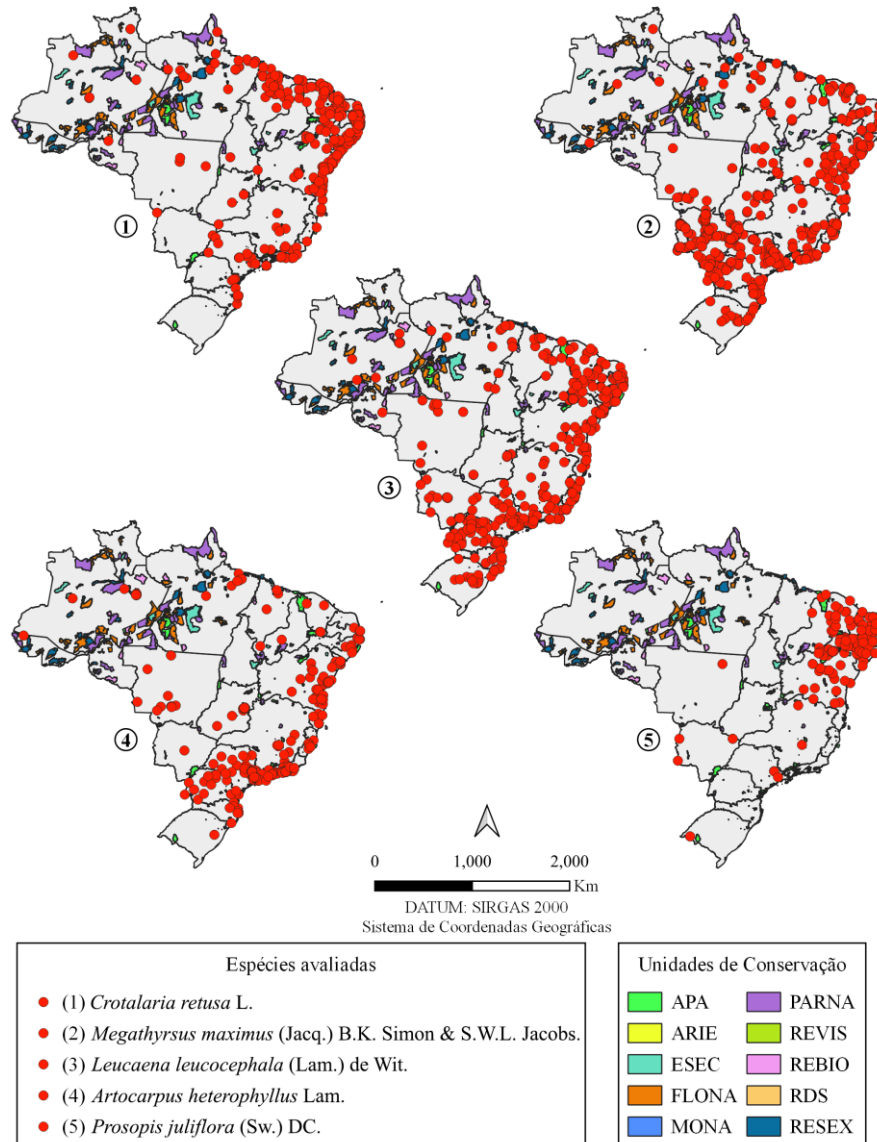
**Figura 2:** Mapas de ocorrência das espécies *Artocarpus heterophyllus* Lam., *Crotalaria retusa* L., *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Megathyrus maximus* (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs e *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. por classe climática. Sendo: Af = clima equatorial; Am = clima de monção; As = clima de savana (verão seco); Aw = clima de savana (inverno seco); Bsh = clima semiárido quente; Cfa = clima subtropical úmido; Cfb = clima oceânico temperado; Csa = clima mediterrânico de verão quente; Csb = clima mediterrânico de verão fresco; Cwa = clima subtropical úmido; Cwb = clima subtropical de altitude; Cwc = clima subtropical frio de altitude.



Fonte: Autores.

Todas as espécies apresentaram registros de ocorrência em Unidades de Conservação Federais (Figura 3). *C. retusa* esteve presente em 40 delas, seguida de *M. maximus* com ocorrência em 20, *L. leucocephala* em 10, *A. heterophyllus* em cinco e *P. juliflora* em quatro.

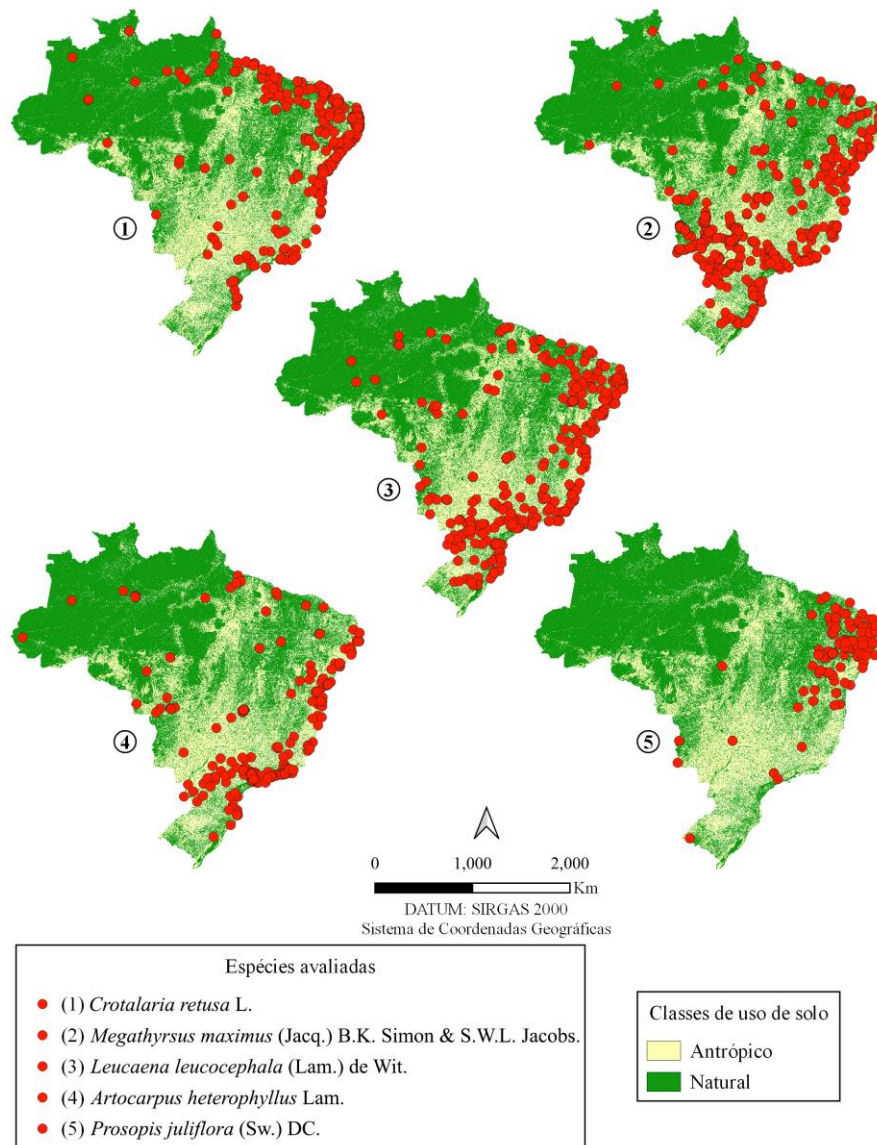
**Figura 3:** Mapas de ocorrência das espécies *Artocarpus heterophyllus* Lam., *Crotalaria retusa* L., *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs e *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. nas Unidades de Conservação Federais. Sendo: APA = Área de Proteção Ambiental; ARIE = Áreas de Relevante Interesse Ecológico; ESEC = Estação Ecológica; FLONA = Floresta Nacional; MONA = Monumento Natural; PARNA = Parque Nacional; REVIS = Refúgio de Vida Silvestre; REBIO = Reserva Biológica; RDS = Reserva de desenvolvimento Sustentável; RESEX = Reservas Extrativistas.



Fonte: Autores.

Já em relação aos solos, todas as espécies apresentaram maior ocorrência em sítios com uso e ocupação dos solos antrópicos, sendo um total de 1224 pontos (Figura 4). *C. retusa* apresentou 56% (254) de seus pontos em solos antropizados, *M. maximus* apresentou 61% (393), *L. leucocephala* 68% (292), *A. heterophyllus* 60% (192) e *P. juliflora* 62% (93).

**Figura 4:** Mapas de ocorrência das espécies *Artocarpus heterophyllus* Lam., *Crotalaria retusa* L., *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs e *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. nas classes de uso de solo.



Fonte: Autores.

Quanto a EOO e AOO (Tabela 1), *M. maximus* apresentou uma maior distribuição no território brasileiro quando comparado as demais espécies. Já *P. juliflora*, foi a espécie que apresentou menores valores nas duas métricas de distribuição avaliadas.

**Tabela 1:** Extensão de Ocorrência (EOO) e Área de Ocupação (AOO) em km<sup>2</sup> das espécies avaliadas no território brasileiro.

Espécies	EOO	AOO
<i>A. heterophyllus</i>	7.936.602	1.064
<i>C. retusa</i>	7.245.915	1.520
<i>L. leucocephala</i>	6.868.652	1.484
<i>M. maximus</i>	8.049.047	1.884
<i>P. juliflora</i>	3.672.765	548

Fonte: Autores.

#### 4. Discussão

Os biomas com maior número de registros de ocorrência das espécies exóticas invasoras estudadas são aqueles considerados mais antropizados. Esse fato corrobora com a ideia de que ambientes degradados são mais susceptíveis as IB (Williamson, 1996; Vitule & Prodocimo, 2012; Begon et al., 2006).

A Mata Atlântica, p.e., é possivelmente o bioma brasileiro mais modificado pelo homem (Lima & Capobianco, 1997; Myers et al., 2000; Tabarelli et al., 2005; SOS Mata Atlântica & INPE, 2019). Devido a sua exploração desde a época da colonização, hoje, resta apenas 12.4% de sua área de ocupação original (SOS Mata Atlântica & INPE, 2019).

Situação semelhante pode ser observada para a Caatinga e Cerrado, pois são biomas que também sofrem intensos processos de antropização (Leal et al., 2003; Alves et al., 2009a; Klink & Machado, 2005; Siqueira & Radic, 2021). Com uma extensão de aproximadamente 845 mil km<sup>2</sup> (SFB, 2019), cerca de 45,06 % da Caatinga está degradada em algum nível (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2015). Já o Cerrado, embora seja o segundo maior bioma brasileiro, ocupando cerca de 21% do território nacional (Resende & Guimarães, 2007), tem boa parte da sua área de extensão transformada em pasto (Klink & Machado, 2005).

Esses resultados são extremamente preocupantes, uma vez que esses biomas possuem grande relevância para a subsistência de uma grande parcela da população brasileira (Lima & Capobianco, 1997; Fearnside, 2004; Aquino & Oliveira, 2006; Homma, 2008; Alves, 2009b; Campanili & Schäffer, 2010; MMA, 2022). Esses biomas prestam inúmeros serviços ecossistêmicos, a exemplo dos serviços de regulação (regular fluxo hídrico, controlar o equilíbrio climático e proteger as escarpas e encostas das serras) (Lima & Capobianco, 1997; Campanili & Schäffer, 2010; Parron et al., 2015), de suporte (controle de erosão e habitat) (Sampaio, 2014) e de provisão (alimento, materiais, energia e água) (Silva Filho et al., 2019; Monteiro et al., 2019).

Com relação as classes climáticas, houve uma predominância das espécies nas regiões com climas do tipo As, Aw, Cfa, Af e Bsh. Esses climas são os mesmos das regiões de origem das espécies (Azzini & Salgado, 1981; Pereira & Kaplan, 2013; Sciamarelli et al., 2013). Portanto, possivelmente isso pode ter contribuído para tal resultado pois existem quatro fatores responsáveis pelo estabelecimento de espécies exóticas invasoras e, dentre eles, está a similaridade climática (Fatma, 2016). Isso também explica, em parte, a ampla distribuição das espécies, já que esses tipos climáticos estão presentes no território brasileiro (Dubreuil et al., 2018).

Apesar de criadas para a conservação e proteção de ecossistemas e espécies, a maioria das UCs brasileiras se encontram sob forte pressão antrópica. Tal situação é refletida pelos resultados apresentados no presente estudo, uma vez que todas as UCs avaliadas apresentaram registros das exóticas invasoras e em muitos casos com mais de uma espécie. Tais atividades antrópicas intensificam a susceptibilidade de invasão nessas áreas (McDonald et al., 2009; Pickering & Hill, 2007; Spear et al. 2013; Ziller & De Sá Dechoum, 2013).

O manejo e controle de espécies exóticas invasoras em UCs são considerados extremamente importantes (Randall,



2011) devido aos efeitos negativos que estas espécies podem causar. No Brasil, existe a Resolução nº 7 da Comissão Nacional de Biodiversidade criada em 29 de maio de 2018 que dispõe sobre a Estratégia Nacional para Espécies Exóticas Invasoras e ressalta a necessidade do monitoramento, controle e erradicação das espécies exóticas invasoras em UCs (Brasil, 2022). Todavia, além desse tema não ser amplamente difundido entre gestores de UCs (Rocha & Rocha, 2019), abordagens práticas de controle e manejo ainda se fazem incipientes no Brasil, favorecendo a permanência e disseminação dessas espécies no país (ICMBIO, 2019; Ziller & De Sá Dechoum, 2013).

No que diz respeito ao solo, como se sabe, as espécies exóticas invasoras conseguem se estabelecer melhor em ambientes antropizados (Williamson e Fitter, 1996) e isso também inclui solos degradados. Além disso, segundo Kurt e Ragan (2006), as invasões biológicas podem estar relacionadas à biota do solo, uma vez que ao serem introduzidas, as espécies podem ser beneficiadas, como por exemplo, ter menor quantidade de inimigos naturais presentes no solo, ou presença de organismos mutualistas que acabam ajudando as espécies se estabelecerem.

Os resultados da EOO e AOO são bastante preocupantes e expressam bem a capacidade que as espécies exóticas invasoras têm de se adaptar e se estabelecer nos mais variados ambientes. Características intrínsecas das espécies como produção de grandes quantidades de sementes durante quase todo o ano, maturação precoce e mecanismos eficientes de dispersão, tem contribuído para o sucesso das mesmas (Base de Dados Nacional de Espécies Exóticas Invasoras, Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, 2022; GISP 2005; Leão et al., 2011; Fabricante, 2014). Além disso, a presença de nichos vagos causados pela degradação dos habitats, ausência de inimigos naturais e similaridades climáticas, são fatores que facilitam o estabelecimento das espécies (Fatma, 2016).

## 5. Considerações Finais

A presença dessas espécies nos cenários citados acima é bastante preocupante e só reforça a elevada capacidade que esses táxons têm de se adaptarem nas mais diferentes condições ambientais. Portanto, é necessário criar medidas e políticas públicas para promover o manejo dessas espécies e a recuperação de ambientes susceptíveis a invasão por essas espécies.

## Referências

- Adelino, J. R. P.; Heringer, G.; Diagne, C.; Courchamp, F.; Faria, L. D. B. & Zenni, R. D. (2021). The economic costs of biological invasions in Brazil: a first assessment. *NeoBiota*, 67, 349-374.
- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. D. M. & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728.
- Alves, J. J. A.; Araújo, M. A. & do Nascimento, S. S. (2009a). Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. *Caatinga*, 22 (3), 126-135.
- Alves, J. S.; Reis, L. B. O.; Silva, E. K. C.; Fabricante, J. R. & Siqueira-Filho, J. A. (2014). *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. In: Fabricante, J. R. Plantas Exóticas e Exóticas Invasoras da Caatinga. Bookess.
- Alves, L. I. F.; Silva, M. M. P. & Vasconcelos, K. J. C. (2009b). Visão de comunidades rurais em Juazeirinho/PB referente à extinção da biodiversidade da Caatinga. *Caatinga*, 22(1), 180-186.
- 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), 249-255.
- Aquino, F. G. & Oliveira, M. C. (2006). Reserva legal no bioma cerrado: uso e preservação. Embrapa Cerrados-Documents (INFOTECA-E).
- Azevedo, C.; Dechoum, M. S.; Zenni, R. D.; Ziller, S.R. & Zalba, S.M. (2010). *Cadernos da Mata Ciliar: Espécies exóticas invasoras*. SMA.
- Azzini, A. & Salgado, A. L. B. (1981). Curva de maturação da *Crotalaria juncea* L. em função da densidade básica do caule. *Revista Científica do Instituto Agrônomo*, 40 (1), 1-10.
- Barros, V.; Melo, A.; Santos, M.; Nogueira, L.; Frosi, G. & Santos, M. G. (2020). Different resource-use strategies of invasive and native woody species from a seasonally dry tropical forest under drought stress and recovery. *Plant Physiology and Biochemistry*, 147, 181-190.

- Base de Dados Nacional de Espécies Exóticas Invasoras, Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental. (2022). [https://institutohorus.org.br/download/fichas/%20Leucaena\\_leucocephala.htm](https://institutohorus.org.br/download/fichas/%20Leucaena_leucocephala.htm)
- Begon, M.; Townsend, C. & Harper, J. L. (2006). *Ecology from individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing.
- Brasil. (2022). Resolução n. 7, de 29 de Maio de 2018. <https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80049/Conabio/Resolucoes/RESOLUCAO%20N%207%20DE%2029%20DE%20MAIO%20DE%202018%20-%20Diario%20Oficial%20da%20Uniao%20-%20Imprensa%20Nacional.pdf>
- Campanili, M. & Schäffer, W. B. (2010). Mata Atlântica: manual de adequação ambiental. Ministério do Meio Ambiente.
- Dean, W. (1996). A ferro e fogo: a história e a devastação da mata atlântica brasileira. Companhia das Letras.
- Diagne, C.; Leroy, B.; Vaissière, A. C.; Gozlan, R. E.; Roiz, D.; Jarić, I.; Salles, J. M.; Bradshaw, C. J. A. & Cour-Champ, F. (2021). High and rising economic costs of biological invasions worldwide. *Nature*, 592, 571-576.
- Dias, E. C.; Dantas, G. C. B.; Farias, H. M.; Souza Brito, A. F.; Silva, C. T. A.; Gervásio, D. K. L. & Vaz, M. R. F. (2018). Análise da produção da enzima invertase a partir da fermentação em estado sólido utilizando substratos não convencionais. *Revista Saúde & Ciência Online*, 7 (2), 352-369.
- Didham, R. K.; Tylianakis, J. M.; Hutchison, M. A.; Ewers, R. M. & Gemmill, N. J. (2005). Are invasive species the drivers of ecological change? *Trends in Ecology & Evolution*, 20 (9), 470-474.
- Doherty, T. S.; Glen, A. S.; Nimmo, D. G.; Ritchie, E. G. & Dickman, C. R. (2016). Invasive predators and global biodiversity loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113 (40), 11261-11265.
- Dubreuil, V.; Fante, K. P.; Planchon, O. & Neto, J. L. S. (2018). Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. *Open edition Journals*, (37) 1-40.
- Dzikiti, S.; Schachtschneider, K.; Naiken, V.; Gush, M.; Moses, G. & Le Maitre, D. C. (2013). Water relations and the effects of clearing invasive *Prosopis* trees on groundwater in an arid environment in the Northern Cape, *South Africa*. *Journal of Arid Environments*, 90, 103-113.
- Fabricante, J. R. (2014). *Plantas Exóticas e Exóticas Invasoras da Caatinga*. Bookess.
- Fabricante, J. R.; Araújo, K. C. T. D.; Andrade, L. A. D. & 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.
- Fatma. (2016). Exóticos invasores – plantas ornamentais, animais de estimação e peixes para pesca desportiva. Fatma.
- Fearnside, P. M. (2004). A água de São Paulo e a floresta amazônica. *Ciência Hoje*, 34 (203), 63-65.
- Ferreira, M. T. S. & Maia-Barbosa, P. M. (2013). O Fogo como Facilitador da Invasão Biológica por *Megathyrsus maximus* (Poaceae: Panicoideae) na Terra Indígena Maxakali (MG): Propostas para um Manejo Agroecológico Integrado e Adaptativo. *Revista Biodiversidade Brasileira*, 3 (2), 159-174.
- Ferreira, N. R.; Medeiros, R. B. & Soares, G. L. G. (2008). Potencial alelopático do capim-annoni (*eragrostis plana* nees) na germinação de sementes de gramíneas perenes estivas. *Revista Brasileira de Sementes*, 30 (2), 043-050.
- Garces, J. J. C. & Flores, M. J. L. (2018). Effects of Environmental Factors and Alien Plant Invasion on Native Floral Diversity in Mt. Manunggal, Cebu Island, Philippines. *Current World Environment*, 13 (3), 390-402.
- Geocat. (2022). Geospatial Conservation Assessment Tool. <http://geocat.kew.org/>
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF). (2022). <https://www.gbif.org/>
- Global Invasive Species Programme (GISP). (2005). América do Sul invadida: a crescente ameaça das espécies exóticas invasoras. Global Invasive Species Programme.
- Homma, A. K. O. (2008). Biodiversidade e Biopirataria na Amazônia. Embrapa Informação Tecnológica.
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO). (2019). Guia de orientação para o manejo de espécies exóticas invasoras em Unidades de Conservação Federais. ICMBIO/MMA.
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO). (2022). Mapa Temático e Dados Geostatísticos das Unidades de Conservação Federais. <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/servicos/geoprocessamento/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais>
- Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF). (2022). Especial: Mapa Koeppen Brasil Detalhado. <https://www2.ipef.br/geodatabase/>
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2015) INPE Nordeste mapeia desmatamento da Caatinga. [http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=3895](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=3895)
- IUCN. (2019). Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria, Version 14. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee.
- Klink, C. A. & Machado, R. B. (2005). A conservação do Cerrado Brasileiro. *Megadiversidade*, 1 (1), 147-155.
- Kurt, O. R. & Ragan, M. C. (2006). Soil biota and invasive plants. *New Phytologist*, 170, 445-457.
- Leal, I. R.; Tabarelli, M. & Da Silva, J. M. C. (2003). *Ecologia e conservação da Caatinga*. Editora Universitária UFPE.

- Leão, T. C.; Almeida, W. R.; Dechoum, M. D. E. S. & Ziller, S. R. (2011). Espécies exóticas invasoras no Nordeste do Brasil: contextualização, manejo e políticas públicas. Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste / Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental.
- Lima, A. & Capobianco, J. P. (1997). Mata Atlântica: avanços legais e institucionais para sua conservação. Instituto Socioambiental.
- Loss, S. R. & Marra, P. P. (2017). Population impacts of free-ranging domestic cats on mainland vertebrates. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15 (9), 502-509.
- Mcdonald, R. I.; Forman, R. T.; Kareiva, P.; Neugarten, R.; Salzer, D. & Fisher, J. (2009). Urban effects, distance, and protected areas in an urbanizing world. *Landscape and Urban Planning*, 93 (1), 63-75.
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). (2022). Biomas. <https://antigo.mma.gov.br/biomas.html>
- Monteiro, I. J. R.; Oliveira, P. J. L.; Guedes, D. R. D. C. & Costa, D. F. D. S. (2019). Serviços ecossistêmicos de provisão prestados pelo entorno da Estação Ecológica do Seridó (Serra Negra do Norte-RN/NE, Brasil). *Revista GeoUECE*, 8 (14), 316-336.
- Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; Fonseca, G. A. B. & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-845
- Nobre, V. M. T.; Riet-Correa, F.; Dantas, A. F. M.; Tabosa, I. M.; Medeiros R. M. T. & Barbosa Filho, J. M. (2004). Intoxication by *Crotalaria retusa* in ruminants and equidae in the state of Paraíba, northeastern Brazil. In: Plant Poisoning and related Toxins. CAB International, Glasgow.
- Oliveira, C. M.; Auad, A. M.; Mendes, S. M. & Frizzas, M. R. (2013). Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. *Journal of Applied Entomology*, 137, 1-15.
- Oliveira, C. M.; Auad, A. M.; Mendes, S. M. & Frizzas, M. R. (2014). Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. *Crop Protection*, 56, 50-54.
- Pagad, S.; Genovesi, P.; Carnevali, L.; Schigel, D. & Mcgeoch, M. A. (2018). Introducing the global register of introduced and invasive species. *Scientific Data*, 5 (1), 1-12.
- Parron, L. M.; Garcia, J. R.; Oliveira, E. B.; Brown, G. G. & Prado, R. B. (2015). Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. *Embrapa Florestas-Livro científico (ALICE)*.
- Pereira, V. J. & Kaplan, M. A. C. (2013). Artocarpus: Um Gênero Exótico de Grande Bioatividade. *Floresta e Ambiente*, 20 (1), 1-15.
- Pickering, C. M. & Hill, W. (2007). Impacts of recreation and tourism on plant biodiversity and vegetation in protected areas in Australia. *Journal of environmental management*, 85 (4), 791-800.
- Pozebon, H., Marques, R. P.; Padilha, G.; O' Neal, M.; Valmorbidia, I.; Bevilaqua, J. G.; Tay, W. T. & Arnemann, J. A. (2020). Arthropod Invasions Versus Soybean Production in Brazil: A Review. *Journal of economic entomology*, 113 (4), 1591-1608.
- Projeto MapBiomas. (2022). Coleção 6.0 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil. <https://mapbiomas.org/>
- Randall, J. M. (2011). Protected areas. In: Simberloff, D. & Rejmanek, M. Encyclopaedia of Biological Invasions. University of California Press.
- Resende, M. L. F. & Guimarães, L. L. (2007). *Inventário da Biodiversidade do Bioma Cerrado: Biogeografia de Plantas*. IBGE.
- Resendes, A. P. C.; Barcellos, C.; Skaba, D. A.; Oliveira, E. X. G.; Gondim, G. M. M.; Iñiguez Rojas, L. B.; Pina, M. F.; Magalhães, M. A. F. M.; Peiter, P. C.; Santos, R. S.; Gracie, R.; Santos, S. M. (2006). Abordagens espaciais na saúde pública. Ministério da Saúde / Fundação Oswaldo Cruz.
- Rocha, O. R. & Rocha, M. B. (2019). Levantamento de Espécies Exóticas em Unidades de Conservação: o Caso do Estado do Rio de Janeiro. *Research, Society and Development*, 8 (10), 1-18.
- Rosa, D. M.; Fortes, A. M. T.; Mauli, M. M.; Marques, D. S. & Palma, D. (2011). Potencial Alelopático de *Panicum maximum* JACQ sobre a Germinação de Sementes de Espécies Nativas. *Revista Floresta e Ambiente*, 18 (2), 198-203.
- Sahni, K. C. (2000). The book of Indian trees. Oxford University Press.
- Sampaio, J. A. G. (2014). Disponibilidade de serviços ecossistêmicos de um sistema agroflorestal na região de Cerrado no Brasil Central. Monografia, Universidade de Brasília.
- Santana, I. B. P. A. & Figueiredo, N. (2019). Invasão biológica por *Crotalaria retusa* L. (fabaceae) em áreas de dunas em São Luís, Maranhão, Nordeste do Brasil. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 29 (2), 1-11.
- Sciamarelli, A.; Guglieri-Caporal, A. & Caporal, F. J. M. (2013). Variação temporal de dados espectrais na elaboração de modelos de distribuição potencial geográfica de gramíneas invasoras “capim-bermuda”, “capim-jaraguá” e “capim-colonião” em Mato Grosso do Sul, Brasil. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.
- Serviço Florestal Brasileiros (SFB). (2019). *Florestas do Brasil em resumo: 2019*. SFB.
- Silva Filho, C. R.; Santos, N. M.; Guedes, J. C. F. & Costa, D. F. D. S. (2019). Identificação dos Serviços Ecossistêmicos de Provisão Prestados pela Caatinga na Microrregião do Seridó Ocidental, Rio Grande Do Norte, Brasil. *Revista da Casa da Geografia de Sobral*, 21 (2), 477-490.
- Silveira, P. F.; Coelho, M. D. F. B.; Maia, S. S. S.; Camili, E. C.; Spiller, C. & Vargas, S. H. (2021). Atividade alelopática de extratos de folhas e sementes de *Prosopis juliflora* na germinação de alface. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 14 (2), 523-535.

- Siqueira, L. N. & Radic, L. F. (2021). A degradação do Cerrado e a questão hídrica Sul-Americana: possíveis implicações jurídicas para o Brasil. *Revista Vertentes Do Direito*, 8 (1), 470-490.
- Slocum, T. (1999). *Thematic Cartography and Visualization*. Prentice-Hall.
- SOS Mata Atlântica & INPE. (2019). Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica. [https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/05/Atlas-mata-atlantica\\_17-18.pdf](https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/05/Atlas-mata-atlantica_17-18.pdf)
- Spear, D.; Foxcroft, L. C.; Bezuidenhout, H. & McGeoch, M. A. (2013). Human population density explains alien species richness in protected areas. *Biological Conservation*, 159, 137-147.
- SpeciesLink. (2022). <https://specieslink.net/>
- Tabarelli, M.; Pinto, L. P.; Silva, J. M. C.; Hirota, M. M. & Bedê, L. C. (2005). Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade*, 1 (1), 132-138.
- Vitule, J. R. S. & Prodocimo, V. (2012). Introdução de espécies não nativas e invasões biológicas. *Estudos de Biologia Ambiente e Diversidade*, 34 (83), 225-237.
- Williamson, M. & Filter, A. (1996). *The varying success of invaders*. *Ecology*, 77 (6), 1661-1666.
- Williamson, M. (1996). *Biological Invasion*. Chapman & Hall.
- Wittenberg, R. & Cock, M. J. W. (2001). *Invasive Alien Species: A Toolkit of Best Prevention and Management Practices*. CAB International.
- Wolfe, B. T. & Van Bloem, S. J. (2012). Regeneração de floresta seca subtropical em áreas invadidas por gramíneas de Porto Rico: entendendo porque *Leucaena leucocephala* domina e espécies nativas falham. *Forest Ecology and Management*, 267, 253-261.
- 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. & De Sá Dechoum, M. (2013). Plantas e vertebrados exóticos invasores em unidades de conservação no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, (3) 2, 4-31.