



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
CIÊNCIAS DA VIDA E DA NATUREZA
(ILACVN)**

**CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – ECOLOGIA E
BIODIVERSIDADE**

**INVASÕES BIOLÓGICAS VEGETAIS BRASILEIRAS: TENDÊNCIAS E LACUNAS
DA PESQUISA NOS ÚLTIMOS 20 ANOS**

MARIA CECILIA FACHINELLO

Foz do Iguaçu
2021



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
CIÊNCIAS DA VIDA E DA NATUREZA
(ILACVN)**

**CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – ECOLOGIA E
BIODIVERSIDADE**

**INVASÕES BIOLÓGICAS VEGETAIS BRASILEIRAS: TENDÊNCIAS E LACUNAS
DA PESQUISA NOS ÚLTIMOS 20 ANOS**

MARIA CECILIA FACHINELLO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de ciências da vida e da natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas Ecologia e Biodiversidade.

Orientador: Prof. Dr. Wagner Antônio Chiba de Castro.

Foz do Iguaçu
2021

MARIA CECILIA FACHINELLO

**INVASÕES BIOLÓGICAS VEGETAIS BRASILEIRAS: TENDÊNCIAS E LACUNAS
DA PESQUISA NOS ÚLTIMOS 20 ANOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Latino-Americano
de Ciências da vida e da Natureza da
Universidade Federal da Integração Latino-
Americana, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em Ciências
Biológicas - Ecologia e Biodiversidade.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Wagner Antônio Chiba de Castro
UNILA

Prof^a. Dra. Dalva Maria da Silva Matos
UFSCar

Prof^a. Dra. Giovana Secretti Vendrusculo
UNILA

Foz do Iguaçu, _____ de _____ de _____.

TERMO DE SUBMISSÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS

Nome completo do autor(a): Maria Cecilia Fachinello

Curso: Ciências Biológicas Ecologia e Biodiversidade

	Tipo de Documento
<input checked="" type="checkbox"/> graduação	<input checked="" type="checkbox"/> artigo
<input type="checkbox"/> especialização	<input type="checkbox"/> trabalho de conclusão de curso
<input type="checkbox"/> mestrado	<input type="checkbox"/> monografia
<input type="checkbox"/> doutorado	<input type="checkbox"/> dissertação
	<input type="checkbox"/> tese
	<input type="checkbox"/> CD/DVD – obras audiovisuais
	<input type="checkbox"/> _____

Título do trabalho acadêmico: INVASÕES BIOLÓGICAS VEGETAIS BRASILEIRAS: TENDÊNCIAS E LACUNAS DA PESQUISA NOS ÚLTIMOS 20 ANOS

Nome do orientador(a): Wagner Antônio Chiba de Castro

Data da Defesa: 07/12/2021

Licença não-exclusiva de Distribuição

O referido autor(a):

a) Declara que o documento entregue é seu trabalho original, e que o detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade.

b) Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à UNILA – Universidade Federal da Integração Latino-Americana os direitos requeridos por esta licença, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a Universidade Federal da Integração Latino-Americana, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo respectivo contrato ou acordo.

Na qualidade de titular dos direitos do conteúdo supracitado, o autor autoriza a Biblioteca Latino-Americana – BIUNILA a disponibilizar a obra, gratuitamente e de acordo com a licença pública *Creative Commons Licença 3.0 Unported*.

Foz do Iguaçu, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Responsável

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar queria agradecer a Deus e minha família por nunca me deixarem desistir, em especial meu pai Francisco, minha mãe Marcia e meu irmão Leonardo, que nunca mediram esforços para me proporcionar a graduação.

Agradeço ao meu orientador Dr., não só pela contribuição que foi fundamental para realização desse trabalho, mas por todos os anos de orientação durante a faculdade, pela parceria e compreensão em todos os momentos. Chiba obrigada até pelos puxões de orelha quando eram necessários.

Gostaria de agradecer ao Jair, que aceitou me ensinar à temática da pesquisa e contribuir como coorientador do trabalho, por sempre me mostrar que dava tempo de terminar.

Agradeço as professoras Dalva, Giovana e Laura que aceitaram ser minha banca avaliadora, ajudando-nos com suas contribuições para melhorar nosso trabalho.

Eu não teria chego até aqui se não fosse pelos amigos que adquiri ao longo da minha Jornada em Foz, obrigada Isabella e Gabriel por terem sido meus primeiros alicerces numa cidade desconhecida e de realidade tão distante da minha. Obrigada clube das cobras, por nunca me deixarem sozinha num intervalo nem em um almoço. Obrigada grupo de pesquisa (Álvaro, Giselle, Luiz e Any) por todas as reuniões e discussões de trabalhos e projetos, e por todas as cervejinhas compartilhadas. Em especial a minha parceira de pesquisa Josiane por toda caminhada até aqui. Pela cumplicidade, parceria, apoio e por ser uma das almas mais bondosa que tive a honra de conhecer. Não posso deixar de agradecer a irmã que Foz do Iguaçu de deu, Adrieli, obrigada por sempre ter me acolhido, por ter dividido sua família como se fosse minha em todos os aniversários e feriados em que eu estava órfã no Paraná. E principalmente por ter aguentados todos os meus surtos durante a graduação.

Por fim agradecer ao Diego, meu companheiro, que sempre me acolheu nos momentos de angústia e medo, aquele que nunca deixou de me acalmar e incentivar.

Sem vocês eu não seria a pessoa que sou hoje. Obrigada de coração, de uma sentimental que terminou esse agradecimento chorando.

*Os nossos pais amam-nos porque somos
seus filhos, é um fato inalterável. Nos momentos
de sucesso, isso pode parecer irrelevante,
mas nas ocasiões de fracasso,
oferecem um consolo e uma segurança
que não se encontram em qualquer outro lugar.*

Bertrand Russell

RESUMO

Apesar de serem amplamente reconhecidas como importantes direcionadores de mudanças ambientais, a falta de consenso entre as definições de espécies exóticas invasoras (Seis) gera muitas lacunas, tanto para o conhecimento da sociedade em geral, quanto para as próprias pesquisas da área. Buscando entender a produção científica recente sobre EEIs vegetais no Brasil, estudamos todos os documentos publicados nos últimos 20 anos. Por meio de abordagem cienciométrica e utilizando as três principais bases de dados com publicações brasileiras, encontrando que, apesar da crescente produção científica na área, apenas 13% dos documentos apresentam uma definição clara sobre espécies invasoras. Dos 391 documentos analisados, 23% constatam algum tipo de dano ocasionado pela invasora e destes, apenas 4% exploram danos econômicos ou sociais. Quanto ao manejo, somente 16% dos documentos apresentam alguma proposição de controle e/ou mitigação. A ausência de definições e a falta de enfoque sobre o dano ocasionado por essas espécies promovem o déficit na compreensão das EEIs vegetais no Brasil. Acreditamos que novos estudos cienciométricos possam auxiliar no direcionamento dos futuros esforços para definir e entender os danos ocasionados por essas invasões, assim como subsidiar medidas objetivas para manejo dos tomadores de decisões.

Palavras- chave: espécies exóticas, dano, manejo, biodiversidade, ciencimetria.

RESUMEN

Aunque son ampliamente reconocidos como importantes motivadores de desequilibrios ambientales, la falta de consenso entre las definiciones de especies exóticas invasoras (EEI) genera brechas importantes, tanto para el conocimiento de la sociedad en general, como para la investigación especializada. Buscando comprender la producción científica reciente sobre EEI de plantas en Brasil, estudiamos todos los documentos publicados durante los últimos 20 años. Utilizando un enfoque cuantitativo y las tres principales bases de datos con publicaciones brasileñas, encontramos que, a pesar de la creciente producción científica en el área, solo el 13% de los documentos tienen una definición clara de especie invasora. De los 391 documentos analizados, el 23% define algún tipo de daño causado por la invasora, de estos, solo el 4% explora daños económicos o sociales. Al respecto del manejo y gestión, solo el 16% de los documentos presentan alguna propuesta de control y / o mitigación. La falta de definiciones y la falta de enfoque en el daño causado por estas especies promueven un déficit en el conocimiento de las IEE de plantas en Brasil. Creemos que los nuevos estudios cuantitativos pueden ayudar a orientar los esfuerzos futuros para definir y comprender el daño causado por estas invasiones, así como apoyar medidas objetivas de manejo por parte de los tomadores de decisión.

Palabras clave: especies exóticas, daños, manejo, biodiversidad, cuantitativa.

ABSTRACT

Although invasive alien species (IAS) are key drivers of environmental change, there is a lack of agreement among definitions, which leaves many gaps in society's understanding and study in the field. We analyzed all scientific documents published in the last 20 years to comprehend the recent scientific production of IAS plants in Brazil. We used the scientometric method and the three main databases of Brazilian publications. Despite the growing scientific advance in the region, 13% of documents had a clear definition of invasive species. Only 1 per cent of the 391 documents examined look into economic or societal damage caused by the invasion. Only 16 per cent of the papers give any recommendation for invasion control and/or mitigation. The lack of definitions and focus on the damage caused by these species promote a deficit in the understanding of IAS plants. New scientometric research can assist lead future attempts to characterize and understand the consequences of these invasions, as well as promote objective measures for stakeholder management.

Keywords: exotic species, damage, management, biodiversity, scientometrics.

SUMÁRIO

<u>INTRODUÇÃO</u>	<u>10</u>
<u>METODOLOGIA.....</u>	<u>12</u>
<u>RESULTADOS</u>	<u>15</u>
<u>DISCUSSÃO</u>	<u>21</u>
<u>CONCLUSÃO</u>	<u>24</u>
<u>REFERÊNCIAS.....</u>	<u>25</u>

Introdução

As altas capacidades de estabelecimento e expansão de uma espécie exótica são consideradas preceitos fundamentais para uma invasão biológica (RICHARDSON et al., 2000; VALÉRY et al., 2008; BLACKBURN et al., 2011), mas não são os únicos. O termo “dano” (e correlatos) está intimamente associado a várias das principais definições de espécies invasoras (MACK et al., 2000; SIMBERLOFF et al., 2005; PYŠEK et al., 2012). As espécies exóticas invasoras (EIs) ocasionam danos significativos à ecologia (TRAVESET & RICHARDSON, 2006; SIMBERLOFF & REJMANEK, 2011; BELLARD et al., 2016; DAMASCENO et al., 2018; COSTA et al., 2019), à saúde humana (MAZZA et al., 2014; SUCCO et al., 2016; PAINI et al., 2017), aos serviços ecossistêmicos (VILÀ AND HULME, 2017; MARTINEZ AND CILLERO et al., 2019 ; BRADLEY, 2019; COSTA et al., 2019), e diretamente às economias das áreas receptoras (MARBUAH et al., 2014; ROUGET ET AL., 2016; HOFFMANN AND BROADHURST., 2017; DIAGNE et al., 2020; ZENNI et al., 2021).

Apesar de bem estabelecida na literatura, ainda existe controvérsia sobre a associação entre “espécie invasora” e “impacto negativo” (RICCIARDI AND RYAN, 2018(A); SAGOFF, 2018; BOLTOVSKOY et al., 2018). Recentemente, alguns autores têm questionado os “danos” causados pelas EIs, apontando problemas nos conceitos relevantes a área, ausência de comprovação empírica dos impactos das invasões, experimentos mal executados e supervalorização de casos de exceção (BRIGGS J. C, 2017; CROWLEY et al., 2017; DAVIS & CHEW., 2017; SAGOFF 2020). Em defesa, outros autores apontam a negação da ciência das invasões, e apresentam as comprovações científicas mais recentes (RUSSEL et al., 2017, BOLTOVSKOY et al., 2018; RICCIARDI & RYAN, 2018b; CUTHBERT et al., 2020). Outro fator relevante para a negação dos prejuízos impostos pelas invasões biológicas está relacionado à ausência de um consenso terminológico da área (SIMBERLOFF et al., 2012).

Dentre as definições de invasão biológica mais importantes, destaca-se RICHARDSON et al. (2000). O autor atribui os conceitos de introdução, estabelecimento por reprodução e expansão, mas destaca que a definição de invasão biológica não deve ser aplicada para espécies que ocasionam impactos

ambientais ou econômicos. Mais tarde RICHARDSON et al. (2011) reforça que a definição de espécie invasora exclui explicitamente qualquer conotação de impacto e baseia-se exclusivamente em critérios ecológicos e biogeográficos. Pouco depois, RICHARDSON & PYŠEK. (2012) assumem que as plantas invasoras de maior destaque são as que atingem grandes abundâncias e que apresentam impactos substanciais, gerando custos à sociedade. Mais recentemente, em um importante ensaio intitulado “Scientists' warning on invasive alien species”, protagonizado por PYŠEK & RICHARDSON (et al., 2020), reforçam as bases da definição de invasão biológica (espécie exótica, estabelecimento e dispersão), mas não excluem a associação de invasão biológica com impactos negativos. Os autores acrescentam que a União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN) classifica como invasoras apenas espécies exóticas que apresentam danos. Por fim, a maioria dos estudos que tratam direta ou indiretamente da temática de invasões, sequer apresenta uma definição de invasão ao longo do manuscrito, e muitos deles se baseiam em citações para caracterizar a invasividade do próprio objeto de estudo (PEREYRA, 2016).

A presença de EEIs vegetais em áreas naturais tem sido constatada em diferentes regiões do mundo, e em muitos casos, as consequências são devastadoras (FOXCROFT et al., 2017; JUSTO, 2019; PACLIBAR et al., 2019; MOODLEY et al., 2021). O uso ornamental é reconhecidamente a principal via de introdução de plantas exóticas e potencialmente invasoras (MAYER et al., 2017; HULME et al., 2018a). Nos últimos anos, mecanismos de invasividade das espécies (VAN KLEUNEN et al., 2010) e invasibilidade de ambientes receptores (FRIDLEY., 2011) têm tido destaque dentre os estudos de invasões vegetais (CARBONI et al., 2016; CATFORD et al., 2019; WANG et al., 2020; KINLOCK et al., 2021). No entanto, existem ainda muitas lacunas sobre a atual situação do estabelecimento de plantas invasoras em áreas naturais (HULME et al., 2014; HULME., 2018b), seus impactos (HULME et al., 2013; SILVA et al., 2020a; FOXCROFT et al., 2019) e alternativas de controle (WEIDLICH et al., 2020). Essas carências se fazem ainda mais evidentes nos biomas tropicais (ACKERMAN et al., 2017; SILVA-MAGALHÃES et al., 2020b; PINTO et al., 2020; XAVIER et al., 2021).

A cienciometria é um novo ramo da ciência, que atua na mensuração e quantificação do progresso científico, via indicadores bibliométricos (PARRA et al., 2019). A análise cienciométrica busca observar tendências e padrões na produção científica, com enfoques preditivos, prognósticos e/ou estratégicos (IVANCHEVA, 2008; RIZZI et al., 2014 ; MILLS et al., 2019; XIE et al., 2020). No contexto das invasões biológicas, é uma ferramenta importante na análise das problemáticas de conservação de áreas naturais megadiversas como os biomas brasileiros (DE ANDRADE, 2016). Estudos cienciométricos tem papel preponderante no levantamento do estado da arte (SANTOS et al., 2021), em modelos ecológicos mais explicativos (BARBOSA et al., 2012), em previsões de impactos de invasões em biomas pouco estudadas (PINTO et al., 2020), ou até mesmo na otimização de recursos e direcionamento de novas pesquisas da área (FONSECA et al., 2021).

Buscando entender as principais tendências e lacunas dos estudos de EEIs vegetais brasileiras, investigamos todos os documentos acadêmicos pertinentes, publicados nos últimos 20 anos. Por meio de ferramentas cienciométricas, verificamos temporal, qualitativa e quantitativamente 1) os objetivos e metodologias utilizadas nos estudos publicados, se há 2) uma definição clara e objetiva de espécie invasora, e 3) constatação e tipo de dano promovido pela espécie invasora, assim como 4) se o documento prevê sugestão ou alternativa de controle da invasão.

Metodologia

Obtivemos os dados a partir do levantamento de bibliografia científica em três bases de plataformas online; o Web of Science (WOS), mantido pela Clarivate Analytics, que fornece uma pesquisa de citações; O SCOPUS, de propriedade da Elsevier, e o SciELO (Biblioteca Eletrônica Científica Online), uma biblioteca digital brasileira de livre acesso e modelo cooperativo de publicação digital de periódicos brasileiros e internacionais.

Orientamos as pesquisas em cada base pelos critérios de busca em todos os campos disponíveis (título, assunto, palavras chaves, resumo etc.). Exploramos apenas artigos publicados nos últimos vinte anos (de 2001 a junho de 2021). Os termos utilizados estão presentes na Tabela 1.

Tabela 1. Combinação dos termos utilizados para o levantamento de artigos nas plataformas, Web of Science, SciELO e SCOPUS.

Tema	Termo	Combinação
Terminologia biológica	Invasão Biológica Daninha Exótica Não nativa Não Indígena Vegetal/Planta	("Boi*invasion*", "Invader*", "daninha", "exotic*", "non-native", "não nativa" e "non-indigenous", "Weed") OR (Impact*, ecosistemic* OR economic* OR socio*) AND (Plant OR Vegetal)
Impacto causado	Impacto Ecológico Econômico Social	AND (Brasil OR Brazil)
Localidade	Brasil	

Para maximizar as buscas, optamos por utilizar os termos de modo que as plataformas buscassem a partir de atributos em inglês e em português. Foram mantidas a raiz das palavras utilizando a ferramenta "*" (como por exemplo Bio* Invasion*, Exotic*, Socio*).

Após a pesquisa dos termos, exportamos as listas de referências resultantes em cada plataforma, no formato de tabelas .xls. pela opção "Export.". Reunimos todas as referências de documentos e os compilamos em uma única tabela para conferência de redundâncias entre os resultados das três bases. Após remover as referências repetidas, avaliamos cada artigos remanescente buscando os critérios de inclusão que se seguem:

- I) Estudos que exploraram o território brasileiro
- II) Estudos que abordam plantas exóticas invasoras
- III) Estudos que não abordam agronegócio e monocultura

Para verificar os critérios de inclusão em cada documento, exploramos a adequação no título e resumo, e dividimos os documentos em três agrupamentos:

- 1) Documentos acadêmicos que compreendem o escopo do nosso estudo: trabalhos que manifestam os três critérios de inclusão no título e/ou resumo
- 2) Documentos acadêmicos que potencialmente compreendem o escopo do nosso estudo: trabalhos que manifestam parcialmente os critérios de inclusão no título e resumo,
- 3) Documentos acadêmicos que não compreendem o escopo do trabalho: trabalhos que não manifestam nenhum dos critérios de inclusão no título e resumo.

Para os documentos que potencialmente compreendem o escopo do trabalho (grupo 2), exploramos o corpo do texto buscando pela adequação dos critérios de inclusão. Após essa etapa, todos os artigos do grupo 2 foram reagrupados entre grupos 1 e 3. Os artigos do grupo 3 foram removidos dos nossos resultados.

Realizamos a revisão e categorização dos documentos de grupo 1 seguindo os atributos listados na tabela 2. Para esta etapa, exploramos primeiramente cada resumo do documento. Em caso de insuficiência de informações de atributos, exploramos o documento na íntegra. Ao longo de todo o processo de obtenção dos dados e tratamento dos resultados, contabilizamos o número de horas de trabalho realizadas por uma pessoa.

Tabela 2. Atributos utilizados na coleta de dados que vão servir de base para a cienciometria

Atributo	Significado	Categoria
Ano	Data de publicação do documento	Cada ano entre 2002 e 2021
Definição	Documento apresenta definição referenciada de espécies exóticas invasoras	0. Não apresenta 1. A definição presente no artigo.
Citação	Autor citado na definição de spp. invasora.	0. Sem informação 1. A citação presente no artigo

Categoria do Artigo	Metodologia principal explorada no documento	1. Lista de Spp.: Reúne informações já estabelecidas sobre determinada invasora ou área natural 2. Ecologia: Explora atributos da biologia da espécie invasora e/ou sua relação com o ambiente 3. Percepção: Explora a percepção social da invasão biológica (etnobiologia). 4. Cienciometria: Analisa publicações/estudos sobre invasões vegetais do ponto de vista estatístico
Abordagem	Ambiente de realização da pesquisa.	0 Não contém informação clara 1. <i>In vitro</i> 2. <i>In situ</i> 3. <i>In silico</i>
Impacto	Se o artigo trabalha explora danos (negativos) causados pela invasão.	0 Não trabalha impacto 1 Ecológico: dano ecossistêmico 2 Económico: prejuízo financeiro 3 Social
Controle	Testa ou sugere algum tipo de manejo para a invasão	1 Sim 2 Não

Ao longo de todo o processo de obtenção dos dados e tratamento dos resultados contabilizamos o número de horas de trabalho realizadas por uma pessoa.

Resultados

Obtivemos 7.507 documentos acadêmicos indexados nas três bases do estudo (WOS, SCOPUS e SciELO), entre os anos de 2001 e 2021, esforço que compreendeu 8 horas de trabalho. Após a seleção por critério de inclusão, obtivemos 564 documentos, sendo 338 do grupo 1 (apresentam critérios de inclusão no título/resumo) e 226 do grupo 2 (apresentam parcialmente os critérios de inclusão no título e/ou resumo). Esse esforço compreendeu 105 horas de trabalho. Após a reclassificação dos documentos do grupo 2, obtivemos 391 documentos acadêmicos (universo amostral da pesquisa) que utilizamos nas análises de ciências métricas. Nessa etapa, o esforço compreendeu 56 horas de trabalho. Coletamos os dados desses documentos acadêmicos seguindo os atributos da tabela 2, organizando-os em uma única planilha. O esforço desta etapa compreendeu 70 horas de trabalho.

Observamos crescimento no número de documentos publicados no intervalo de tempo avaliado. No ano de 2002, data do primeiro registro encontrado, foi publicado 1 documento, enquanto em 2020, 47 documentos. Em 2021, foram publicados 28 documentos até o mês de junho. Não registramos nenhum documento no ano de 2007 segundo nossos critérios de inclusão (Figura 1).

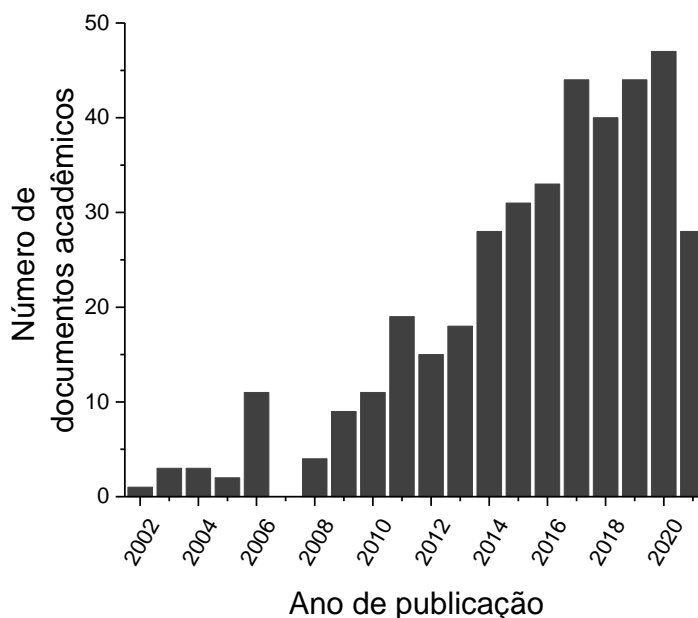


Figura 1. Número de documentos acadêmicos de espécies exóticas invasoras vegetais no Brasil entre 2002 e 2021, presentes nas bases de dados Web of Science, SCOPUS e SciELO

Nossos resultados demonstram que 82% dos documentos acadêmicos são pesquisas sobre a ecologia das EEIs, 11% são listas de espécies, 4% abordam estudos cienciométricos, e 3% são estudos de percepção (etnobiologia) (Figura 2). Entre 2002 e 2005, registramos apenas documentos científicos sobre ecologia. Constatamos o primeiro registro de uma lista de espécies em 2006; o primeiro registro de abordagem cienciométrica ocorreu em 2008; o primeiro registro de percepção, em 2012.

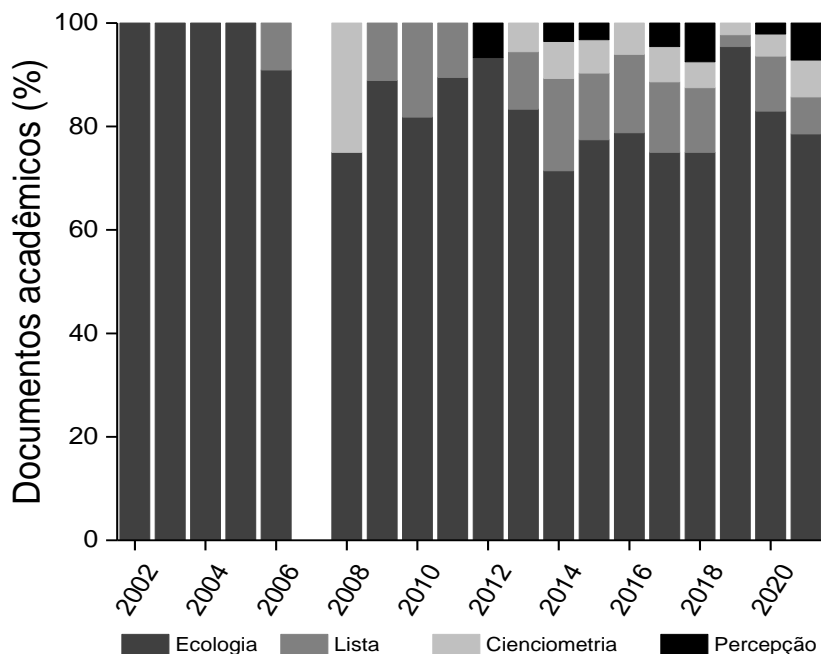


Figura 2. Proporção das categorias dos documentos acadêmicos de espécies exóticas invasoras vegetais no Brasil entre 2002 e 2021, presentes nas bases de dados Web of Science, SCOPUS e SciELO

Verificamos que 67,7% dos documentos acadêmicos possuem metodologias *in situ*, 24,5% *in vitro*, 9,9% *in silico*, sendo que nove documentos acadêmicos apresentaram simultaneamente metodologias *in vitro* e *in situ* (Figura 3). O primeiro registro de documento que aborda metodologia *in silico* ocorreu em 2008.

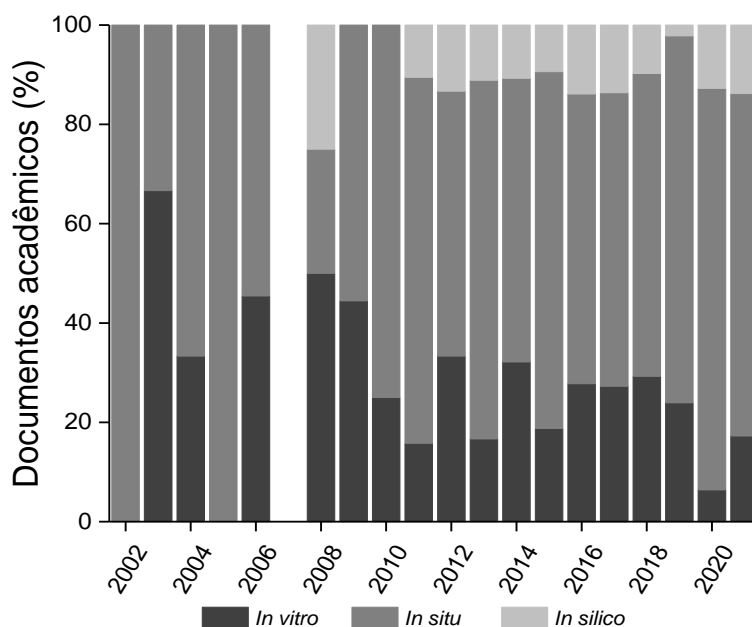


Figura 3. Proporção das abordagens metodológicas (i.e. ambiente de realização do estudo) de documentos acadêmicos de espécies exóticas invasoras vegetais no Brasil entre 2002 e 2021, presentes nas bases de dados Web of Science, SCOPUS e SciELO

Obtivemos 51 registros de documentos que apresentaram alguma definição de EEIs, contabilizando 13% do total dos documentos analisados (Figura 4). Dentre estes, quatro documentos não citaram referência bibliográfica na definição. Em 2002, não houve registro de definição de EEI ao longo do documento. Já em 2021, 53% dos documentos apresentaram uma definição.

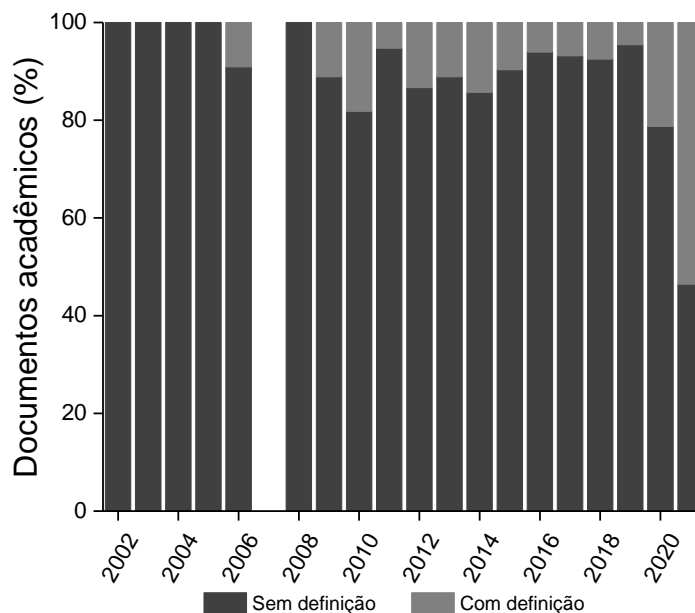


Figura 4. Proporção dos documentos acadêmicos que apresentam definição de espécies exóticas invasoras vegetais, no Brasil entre 2002 e 2021, nas bases de dados Web of Science, SCOPUS e SciELO

Encontramos 89 documentos acadêmicos que constataram algum tipo de prejuízo ocasionado pela invasão vegetal estudada (22,7% do total; Figura 5). Destes, 94% apresentaram danos ecológicos, 3% danos econômicos, 1% danos ecológico e econômico, 1% danos ecológicos e sociais. Não encontramos documentos que evidenciassem exclusivamente dano social. O primeiro registro de documento que explora dano econômico consta de 2017 e o primeiro registro para dano social consta de 2018.

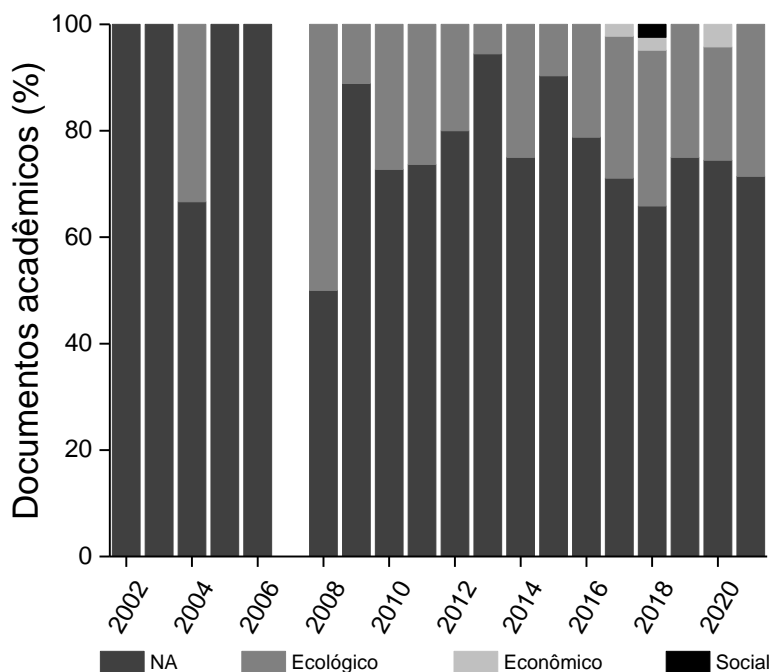


Figura 5. Proporção de documentos acadêmicos que apresentam dano de espécies exóticas invasoras vegetais no Brasil entre 2002 e 2021, presentes nas bases de dados Web of Science, SCOPUS e SciELO

Dos 391 documentos analisados, apenas 63 registram alguma medida de controle para EEIs, o que representa 16% do total de documentos acadêmicos considerados (Figura 6).

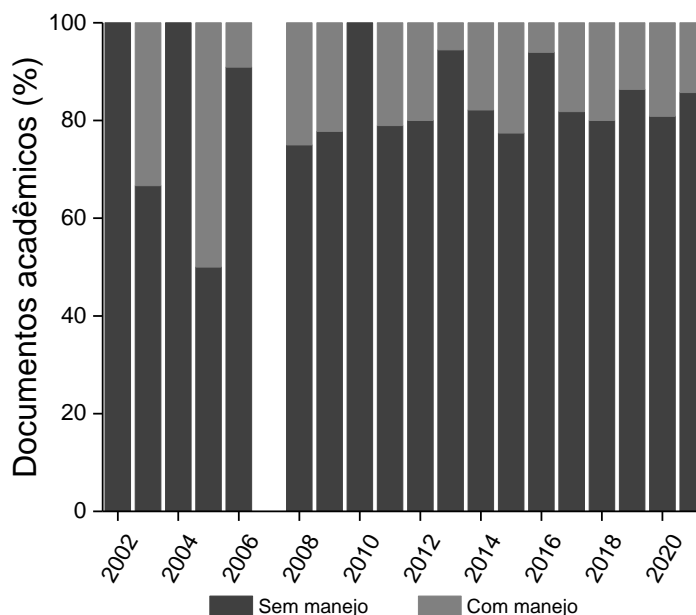


Figura 6. Proporção de documentos acadêmicos que apresentam alguma medida de controle ou mitigação dos efeitos de espécies exóticas invasoras vegetais no Brasil entre 2002 e 2021, presentes nas bases de dados Web of Science, SCOPUS e SciELO

Discussão

Nosso levantamento analisou 391 documentos, o que acreditamos ser a totalidade de artigos acadêmicos publicados na área, segundo nossos critérios de inclusão. Trabalhamos com as principais bases de dados utilizadas em estudos cientométricos (WOS e Scopus; MINGERS, 2015), e ainda acrescentamos dados da base SciELO, uma vez que o escopo do nosso estudo visa pesquisas brasileiras. A metodologia de inclusão dos documentos acadêmicos, com base no título e resumo e, em caso de dúvidas, recorrendo ao corpo do texto, é adotada nas mais recentes publicações de cienciometria ambiental (PINTO et al., 2020; MORAL MUNHOZ et al., 2020; FONSECA et al., 2021). DIAS et al. (2013) revisou todos os artigos publicados em periódicos científicos (bases não especificadas) que usavam os termos “espécies exóticas invasoras” ou “invasão biológica” no “Brasil” antes de 2012, obtendo 124 documentos acadêmicos. DE ANDRADE (2016) utilizou o WOS na busca por pesquisas brasileiras sobre invasões biológicas até 2014, resultando em 354 documentos acadêmicos. ROMERO (2020) fez um levantamento das

publicações sobre EEIs vegetais nos países latino-americanos, entre 1945 e 2019, com 373 documentos acadêmicos de estudos brasileiros. Considerando o espaço temporal que compreende o levantamento, assim como a metodologia aplicada, acreditamos que o número de documentos acadêmicos seja adequado.

Nos últimos 20 anos, o número de documentos acadêmicos que abordam EEIs vegetais teve crescimento substancial, o que evidencia a óbvia importância da temática na conservação (PLACIBAR et al., 2019). Nossos resultados indicam que a pesquisa brasileira tem priorizado aspectos básicos das invasões, como o conhecimento biológico e relações ecológicas das EEIs vegetais, totalizando mais de 80% dos documentos levantados. Apesar do conhecimento crescente do número de espécies exóticas vegetais no Brasil (DE ANDRADE, 2016), as lacunas sobre o estabelecimento, dispersão e possíveis impactos ainda demandam muitos estudos (PINTO et al., 2020). Ademais, existe ainda um déficit Wallaceano na identificação ecológica de espécies invasoras vegetais no Brasil (ROMERO, 2020). A grande proporção de abordagem *in situ* também reflete esse cenário, uma vez este tipo de estudo fornece perspectivas mais precisas do comportamento da invasora em meio natural (BARBET-MASSIN et al., 2018).

A forma como se estudam as invasões vegetais também tem apresentado tendência de mudança. Nos últimos seis anos, percebemos um aumento tímido de estudos *in silico*. Esta abordagem tem sido contemplada com enfoque na cienciometria e levantamentos de espécies em documentos já publicados. A ainda pequena quantidade de levantamentos e cienciometria, associada a baixa utilização de abordagem *in silico*, evidencia a carência de pesquisa voltada para a gestão da invasão vegetal (ZENNI et al., 2016). Estas abordagens são fundamentais para apoiar o planejamento de conservação em áreas tropicais (BARBOSA et al., 2012). Ademais, existe lacunas sobre a expectativa futura no número de espécies exóticas (SEEBENS et al., 2021). Devido a necessidade de entender o atual panorama da ciência das invasões, e encaminhar novas pesquisas sobre o manejo destas espécies, acreditamos no aumento do número de documentos de abordagem *in silico* nos próximos anos.

Apesar de contextualizar a invasão biológica por meio de atributos da invasão (*i.e.*, plasticidade fenotípica, compostos alelopáticos, invasividade e invasibilidade), mais de 86% dos estudos brasileiros não apresentam uma definição clara sobre o que é invasão biológica. Este cenário não se restringe aos documentos do Brasil.

PEREYRA (2016) menciona que, entre 2011 e 2012, apenas 13% dos documentos acadêmicos definiram “espécie invasora” nas principais revistas científicas internacionais da área. A falta de consenso nas terminologias e definições gera muitas dúvidas do que considerar invasão, ou quando considerar uma invasão em um contexto (MORO, 2012; SIMBERLOFF et al., 2012). Muitas vezes, termos como “invasivo” e “invasor”, mais atraentes que “exótico” ou “introduzido”, são utilizados fora do contexto correto (PEREYRA, 2016). Isso dificulta a comunicação precisa da temática, produzindo resultados mistos e dando espaço para utilização do termo “invasor” sem definição e constatação ecológica. Outra consequência destas lacunas é o reflexo das EElS vegetais na sociedade em geral. Em razão da falta de consenso dentro da própria comunidade científica e da complexidade ecológica que envolve as invasões biológicas, a sociedade está menos ciente dessa ameaça global, quando comparada com a maioria das outras ameaças que ocasionam perda de biodiversidade (i.e. expansão agrícola, mudanças climáticas, caça) (COURCHAMP et al., 2017). Desta forma, acreditamos que os documentos acadêmicos publicados futuramente devam trabalhar definições sobre invasão biológica de maneira clara e objetiva, embasada em boa literatura.

Do nosso universo amostral, apenas 22,7% dos documentos acadêmicos abordaram dano, o que demonstra a falta de estudos brasileiros que explorem as consequências da invasão. A grande maioria de estudos que abordam dano de EElS no Brasil tratam das perdas em produção agrícola (ADELINO et al., 2021). A falta de dados relevantes sobre os impactos de espécies invasoras em áreas naturais, gera barreiras para uma gestão eficaz (DIAGNE et al., 2020). Dos documentos que abordam dano, apenas 4,4% (1% do total de documentos) relataram danos econômicos ocasionados por espécies invasoras. Recentemente, ADELINO et al. (2021) constataram, em números subestimados, prejuízos de USD 105,53 bilhões atribuídos às invasões biológicas de apenas 16 espécies no Brasil. Se considerarmos o número atual de espécies invasoras no país, a provável perda econômica real é muito superior aos valores publicados. Esta ausência de estudos sobre impactos econômicos das invasões, tem como uma das consequências, o baixo investimento em manejo dessas espécies (ZENNI et al., 2021). Os artigos científicos que sugerem alternativas de controle para espécies invasoras representam apenas 12% dos documentos acadêmicos levantados. Isso evidencia que, apesar do aumento de estudos sobre aspectos biológicos e ecológicos das

EEIs vegetais no Brasil, ainda existem lacunas importantes na prática de manejo dessas invasões. A falta de conscientização sobre a importância do tema, dificuldades associadas ao planejamento, coordenação e organização dos órgãos competentes (ZHAO, 2018), assim como a inerente carência de pesquisas voltadas para o controle de espécies invasoras nos países em desenvolvimento (WEIDLICH, 2020), configuram como desafios importantes no manejo das EEIs vegetais no país. Portanto, os esforços para as novas pesquisas brasileiras também devem ponderar os impactos causados pelas EEIs vegetais visando seu controle.

Conclusão

Apesar da crescente produção científica, a falta de dados sobre impactos e a ausência de definição sobre o tema, promovem déficit na compreensão das EEIs vegetais no Brasil. Isso ocasiona implicações tanto diretas, sobre sua real importância nas áreas naturais, quanto indiretas, sobre o entendimento de suas consequências perante a sociedade. Essa situação se agrava sob a ótica do manejo, onde são poucos os documentos que tratam, ou sequer mencionam, a temática. Sugerimos que novos estudos cienciométricos sejam realizados para entender melhor o panorama das EEIs no Brasil, de modo que oriente positivamente os esforços das novas pesquisas. Acreditamos que os futuros estudos de EEIs vegetais devam 1) explorar definições claras e referenciadas sobre invasões biológicas, 2) entender os danos ocasionados por essas invasões, diversificando as metodologias de atuação (*i.e.*, *in situ*, *in vitro* e *in silico*), e 3) subsidiar medidas objetivas para mitigação e controle dessa ameaça a biodiversidade e aos serviços ecossistêmicos do país.

Referências

- ADELINO, José Ricardo Pires et al. The economic costs of biological invasions in Brazil: a first assessment. *NeoBiota*, v. 67, p. 349, 2021.
- ACKERMAN, James D. et al. Biotic resistance in the tropics: patterns of seed plant invasions within an island. *Biological Invasions*, v. 19, n. 1, p. 315-328, 2017.
- BARBET-MASSIN, M., ROME, Q., VILLEMANT, C., & COURCHAMP, F. (2018). Can species distribution models really predict the expansion of invasive species?. *PloS one*, 13(3), e0193085.
- BARBOSA, Fabiana Gonçalves; SCHNECK, Fabiana; MELO, Adriano Sanches. Use of ecological niche models to predict the distribution of invasive species: a scientometric analysis. *Brazilian Journal of Biology*, v. 72, p. 821-829, 2012.
- BLACKBURN, T. M. et al. A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 26, n. 7, pp. 333-339, 2011.
- BRANCATELLI, Gabriela Ivanna Elizabeth; ZALBA, Sergio Martín. Vector analysis: a tool for preventing the introduction of invasive alien species into protected areas. 2018.
- BELLARD, C., Cassey, P. & Blackburn, T. M. Alien species as a driver of recent extinctions. *Biol. Lett.* 12, 20150623 (2016)
- BOLTOVSKOY, Demetrio; SYLVESTER, Francisco; PAOLUCCI, Esteban M. Invasive species denialism: Sorting out facts, beliefs, and definitions. *Ecology and evolution*, v. 8, n. 22, p. 11190-11198, 2018.
- BRADLEY, Bethany A. et al. Disentangling the abundance–impact relationship for invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 116, n. 20, p. 9919-9924, 2019.
- BROOKS, M. L., D'Antonio, C. M., Richardson, D. M., Grace, J. B., Keeley, J. O. N. E., Tomaso, J. M. D. I., & Pyke, D. (2004). Effects of invasive alien plants on fire regimes. *BioScience*, 54(7), 677.
- BRIGGS, John C. Rise of Invasive Species Denialism? A Response to Russell and Blackburn. **Trends in ecology & evolution**, v. 32, n. 4, p. 231-232, 2017.
- CABRA-RIVAS, Isabel et al. A multi-scale approach to identify invasion drivers and invaders' future dynamics. *Biological Invasions*, v. 18, n. 2, p. 411-426, 2016.
- CADOTTE, Marc W. et al. Are urban systems beneficial, detrimental, or indifferent for biological invasion?. *Biological invasions*, v. 19, n. 12, p. 3489-3503, 2017.
- CARBONI, Marta et al. What it takes to invade grassland ecosystems: Traits, introduction history and filtering processes. *Ecology letters*, v. 19, n. 3, p. 219-229, 2016.
- CATFORD, Jane A. et al. Traits linked with species invasiveness and community invasibility vary with time, stage and indicator of invasion in a long-term grassland experiment. *Ecology Letters*, v. 22, n. 4, p. 593-604, 2019.

CASTRO-DÍEZ, Pilar et al. Global effects of non-native tree species on multiple ecosystem services. **Biological Reviews**, v. 94, n. 4, p. 1477-1501, 2019.

COSTA, Rosane Oliveira et al. Chemical characterization and phytotoxicity of the essential oil from the invasive *Hedychium coronarium* on seeds of Brazilian riparian trees. *Flora*, v. 257, p. 151411, 2019.

COURCHAMP, Franck et al. Invasion biology: specific problems and possible solutions. *Trends in ecology & evolution*, v. 32, n. 1, p. 13-22, 2017.

CUTHBERT, Ross N. et al. Invasion costs, impacts, and human agency: Response to Sagoff 2020. **Conservation Biology**, v. 34, n. 6, p. 1579-1582, 2020.

CROWLEY, Sarah L. et al. Disagreement about invasive species does not equate to denialism: a response to Russell and Blackburn. 2017.

DAMASCENO, Gabriella et al. Impact of invasive grasses on Cerrado under natural regeneration. *Biological Invasions*, v. 20, n. 12, p. 3621-3629, 2018.

DAVIS, Mark A.; CHEW, Matthew K. The denialists are coming! Well, not exactly: a response to Russell and Blackburn. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 32, n. 4, p. 229-230, 2017.

DE ANDRADE FREHSE, Fabrício et al. Non-native species and invasion biology in a megadiverse country: scientometric analysis and ecological interactions in Brazil. *Biological Invasions*, v. 18, n. 12, p. 3713-3725, 2016.

DIAGNE, C. et al. InvaCost, a public database of the economic costs of biological invasions worldwide. **Scientific data**, v. 7, n. 1, p. 1-12, 2020.

DIAS, Jézili et al. Invasive alien plants in Brazil: a nonrestrictive revision of academic works. *Nat Conserv*, v. 11, n. 1, p. 31-35, 2013.

D.M. Richardson (Ed.), *Fifty Years of Invasion Ecology: The Legacy of Charles Elton*, Wiley-Blackwell (2011)

FERREIRA, C. M. Manejo integrado de plantas invasoras na agricultura orgânica. Embrapa Cerrados. Documentos, 2003.

FONSECA, Carlos Roberto et al. Conservation biology: four decades of problem-and solution-based research. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 2021.

FOXCROFT, Llewellyn C. et al. Plant invasion science in protected areas: progress and priorities. *Biological Invasions*, v. 19, n. 5, p. 1353-1378, 2017.

FOXCROFT, Llewellyn C. et al. Assessing the association between pathways of alien plant invaders and their impacts in protected areas. 2019.

FRIDLEY, Jason D. Biodiversity as a bulwark against invasion: conceptual threads since Elton. *Fifty Years of Invasion Ecology*, p. 121, 2011.

HOFFMANN, Benjamin D.; BROADHURST, Linda M. The economic cost of managing invasive species in Australia. **NeoBiota**, v. 31, p. 1, 2016.

HULME, Philip E. et al. Bias and error in understanding plant invasion impacts. *Trends in ecology & evolution*, v. 28, n. 4, p. 212-218, 2013.

HULME, P. E. et al. Integrating invasive species policies across ornamental horticulture supply chains to prevent plant invasions. *Journal of Applied Ecology*, v. 55, n. 1, pp. 92-98, 2018. (A)

HULME, Philip E. Protected land: threat of invasive species. *Science*, v. 361, n. 6402, p. 561-562, 2018. (B)

HULME, Philip E. et al. Greater focus needed on alien plant impacts in protected areas. **Conservation Letters**, v. 7, n. 5, p. 459-466, 2014.

IVANCHEVA, Ludmila. Scientometrics today: A methodological overview. *Collnet Journal of Scientometrics and Information Management*, v. 2, n. 2, p. 47-56, 2008.

JUSTO, Fernanda Maia; HOFMANN, Gabriel Selbach; ALMERÃO, Mauricio Pereira. ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA REGIÃO SUL DO BRASIL. *Revista de Ciências Ambientais*, v. 13, n. 3, p. 57-76, 2019.

KINLOCK, Nicole L.; MUNCH, Stephan B. Interaction network structure and spatial patterns influence invasiveness and invasibility in a stochastic model of plant communities. *Oikos*, 2021.

LEVINE, Jonathan M. et al. Mechanisms underlying the impacts of exotic plant invasions. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 270, n. 1517, p. 775-781, 2003.

LINDERS, Theo Edmund Werner et al. Direct and indirect effects of invasive species: Biodiversity loss is a major mechanism by which an invasive tree affects ecosystem functioning. *Journal of ecology*, v. 107, n. 6, p. 2660-2672, 2019.

MA, Zhao; CLARKE, Mysha; CHURCH, Sarah P. Insights into individual and cooperative invasive plant management on family forestlands. **Land Use Policy**, v. 75, p. 682-693, 2018.

MACK, R.N., Simberloff, D., Lonsdale, W.M., Evans, H., Clout, M. & Bazzaz, F.A. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications* 10: 689-710.

MARBUAH, George; GREN, Ing-Marie; MCKIE, Brendan. Economics of harmful invasive species: a review. **Diversity**, v. 6, n. 3, p. 500-523, 2014.

MARTINEZ-CILLERO, Rocio et al. A practical tool for assessing ecosystem services enhancement and degradation associated with invasive alien species. *Ecology and evolution*, v. 9, n. 7, p. 3918-3936, 2019.

MATOS, Dalva M. Silva; PIVELLO, Vânia R. O impacto das plantas invasoras nos recursos naturais de ambientes terrestres: alguns casos brasileiros. *Ciência e Cultura*, v. 61, n. 1, p. 27-30, 2009

MAYER, K. et al. Naturalization of ornamental plant species in public green spaces and private gardens. *Biological Invasions*, v. 19, n. 12, pp. 3613-3627, 2017.

MAZZA, G. et al. Biological invaders are threats to human health: an overview. ***Ethology Ecology & Evolution***, v. 26, n. 2-3, p. 112-129, 2014.

MILLS, Melinda C.; RAHAL, Charles. A scientometric review of genome-wide association studies. *Communications biology*, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2019.

MINGERS, John; LEYDESDORFF, Loet. A review of theory and practice in scientometrics. *European journal of operational research*, v. 246, n. 1, p. 1-19, 2015.

MOODLEY, Desika et al. Economic costs of biological invasions in protected areas worldwide-where do we stand?. 2021.

MORAL MUÑOZ, José Antonio et al. Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review. 2020.

MORO, Marcelo Freire et al. Alienígenas na sala: o que fazer com espécies exóticas em trabalhos de taxonomia, florística e fitossociologia?. *Acta botanica brasílica*, v. 26, p. 991-999, 2012.

OLIVEIRA, Cicero Diogo Lins de; SANTOS, Lucia Vanessa Rocha. Distribution of the giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) in Brazil: 43 years after its introduction. ***Nauplius***, v. 29, 2021.

OLIVEIRA, Carlos Yure B. et al. A scientometric overview of global dinoflagellate research. *Publications*, v. 8, n. 4, p. 50, 2020.

PACLIBAR, G. C. B.; TADIOSA, E. R. Ecological niche modeling of invasive alien plant species in a protected landscape. *Global Journal of Environmental Science and Management*, v. 5, n. 3, p. 371-382, 2019.

PAINI, Dean R. et al. Global threat to agriculture from invasive species. ***Proceedings of the National Academy of Sciences***, v. 113, n. 27, p. 7575-7579, 2016.

PARRA, Maurício Rodrigues; COUTINHO, Renato Xavier; PESSANO, Edward Frederico Castro. Um breve olhar sobre a cienciometria: origem, evolução, tendências e sua contribuição para o ensino de ciências. *Revista Contexto & Educação*, v. 34, n. 107, p. 126-141, 2019.

PEREYRA, Patricio Javier. Revisiting the use of the invasive species concept: an empirical approach. **Austral ecology**, v. 41, n. 5, p. 519-528, 2016.

PINTO, Anderson Silva et al. Invasive plants in the Brazilian Caatinga: a scientometric analysis with prospects for conservation. *Neotropical Biology and Conservation*, v. 15, p. 503, 2020

PYŠEK, Petr et al. A global assessment of invasive plant impacts on resident species, communities and ecosystems: the interaction of impact measures, invading species' traits and environment. **Global Change Biology**, v. 18, n. 5, p. 1725-1737, 2012.

PYŠEK, Petr et al. Scientists' warning on invasive alien species. *Biological Reviews*, v. 95, n. 6, p. 1511-1534, 2020.

REJMÁNEK, M. et al. *Vegetation ecology*. 2005.

RICCIARDI, Anthony; RYAN, Rachael. Invasive species denialism revisited: response to Sagoff. *Biological Invasions*, v. 20, n. 10, p. 2731-2738, 2018. (A)

RICCIARDI, Anthony; RYAN, Rachael. The exponential growth of invasive species denialism. *Biological Invasions*, v. 20, n. 3, p. 549-553, 2018. (B)

RICCIARDI, Anthony; RYAN, Rachael. The exponential growth of invasive species denialism. **Biological Invasions**, v. 20, n. 3, p. 549-553, 2018.

RICHARDSON, David M. et al. Human-mediated introductions of Australian acacias—a global experiment in biogeography. 2011.

RICHARDSON, David M.; PYŠEK, Petr. Naturalization of introduced plants: ecological drivers of biogeographical patterns. *New Phytologist*, v. 196, n. 2, p. 383-396, 2012.

RICHARDSON, David M. et al. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and distributions*, v. 6, n. 2, p. 93-107, 2000.

RIZZI, Francesco; VAN ECK, Nees Jan; FREY, Marco. The production of scientific knowledge on renewable energies: Worldwide trends, dynamics and challenges and implications for management. **Renewable Energy**, v. 62, p. 657-671, 2014.

ROMERO, Jair Hernando Castro. *Plantas invasoras na américa latina: avanços, direções e desafios*. 2020

ROUGET, Mathieu et al. Invasion debt—quantifying future biological invasions. *Diversity and Distributions*, v. 22, n. 4, p. 445-456, 2016.

RUSSELL, James C.; BLACKBURN, Tim M. The rise of invasive species denialism. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 32, n. 1, p. 3-6, 2017.

SAGOFF, Mark. Invasive species denialism: a reply to Ricciardi and Ryan. **Biological Invasions**, v. 20, n. 10, p. 2723-2729, 2018.

SAGOFF, Mark. Fact and value in invasion biology. **Conservation Biology**, v. 34, n. 3, p. 581-588, 2020.

SANTOS, Lucia Vanessa Rocha et al. Current status of Brazilian scientific production on non-native species. *Ethology Ecology & Evolution*, p. 1-14, 2021.

SAPSFORD, Sarah J. et al. Towards a framework for understanding the context dependence of impacts of non-native tree species. *Functional Ecology*, v. 34, n. 5, p. 944-955, 2020.

SEEBENS, Hanno et al. Projecting the continental accumulation of alien species through to 2050. *Global Change Biology*, v. 27, n. 5, p. 970-982, 2021.

SILVA, Rafaela Guimarães et al. Landscape-level determinants of the spread and impact of invasive grasses in protected areas. *Biological Invasions*, v. 22, n. 10, p. 3083-3099, 2020. A

SILVA-MAGALHÃES, Lana-Cynthia; ZILLER, Silvia-Renate; SILVA-FORSBERG, Maria-Clara. Occurrence of non-native species and their potential impact on plant communities in protected areas in the Brazilian Amazon region. *Revista de Biología Tropical*, v. 68, n. 4, p. 1039-1048, 2020. B

SIMBERLOFF, D., Parker, I., y Windle, P. (2005). Introduced Species Policy, Management, and Future Research Needs. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 3 (1), 12–20.

SIMBERLOFF, Daniel. Nature, natives, nativism, and management: worldviews underlying controversies in invasion biology. **Environmental Ethics**, v. 34, n. 1, p. 5-25, 2012.

SIMBERLOFF D & Rejmánek M, eds. 2011b *Encyclopedia of biological invasions*. Berkeley, CA, USA: University of California Press.

SPEZIALE, Karina L. et al. Dealing with non-native species: what makes the difference in South America?. *Biological Invasions*, v. 14, n. 8, p. 1609-1621, 2012.

SUCCO, Tiphany et al. Autochthonous dengue outbreak in Nîmes, south of France, July to September 2015. **Eurosurveillance**, v. 21, n. 21, p. 30240, 2016.

TRAVESET, A. & Richardson, D.M. 2006. Biological invasions as disruptors of plant reproductive mutualisms. *Trends in Ecology and Evolution* 21:208-216.

VAN KLEUNEN, Mark et al. Are invaders different? A conceptual framework of comparative approaches for assessing determinants of invasiveness. *Ecology letters*, v. 13, n. 8, p. 947-958, 2010.

VILÀ, Montserrat et al. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. **Ecology letters**, v. 14, n. 7, p. 702-708, 2011.

VILÀ, Montserrat et al. (Ed.). **Impact of biological invasions on ecosystem services**. Cham: Springer International Publishing, 2017.

VALÉRY, Loïc et al. In search of a real definition of the biological invasion phenomenon itself. **Biological invasions**, v. 10, n. 8, p. 1345-1351, 2008.

VALDUGA, Marcos O.; ZENNI, Rafael D.; VITULE, Jean RS. Ecological impacts of non-native tree species plantations are broad and heterogeneous: a review of Brazilian research. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 88, p. 1675-1688, 2016.

WANG, Congyan et al. *Erigeron annuus* (L.) Pers. and *Solidago canadensis* L. antagonistically affect community stability and community invasibility under the co-invasion condition. *Science of the Total Environment*, v. 716, p. 137128, 2020.

WEIDLICH, Emanuela WA et al. Controlling invasive plant species in ecological restoration: A global review. *Journal of Applied Ecology*, v. 57, n. 9, p. 1806-1817, 2020.

XAVIER, Carolina Nogueira et al. Tropical dendrochronology applied to invasive tree species in the Brazilian Atlantic Forest. *Journal of Forestry Research*, v. 32, n. 1, p. 91-101, 2021.

XIE, Hualin et al. A scientometrics review on land ecosystem service research. *Sustainability*, v. 12, n. 7, p. 2959, 2020.

YEMSHANOV, Denys et al. Optimizing surveillance strategies for early detection of invasive alien species. *Ecological Economics*, v. 162, p. 87-99, 2019.

ZENNI, Rafael Dudeque; DE SÁ DECHOUM, Michele; ZILLER, Sílvia Renate. Dez anos do informe brasileiro sobre espécies exóticas invasoras: avanços, lacunas e direções futuras. *Biotemas*, v. 29, n. 1, p. 133-153, 2016.

ZENNI, Rafael Dudeque et al. The economic costs of biological invasions around the world. **NeoBiota**, v. 67, p. 1, 2021.