



ANA LUIZA MOREIRA BOTAN

**UTILIZANDO FERRAMENTA DE CIÊNCIA CIDADÃ PARA O
MONITORAMENTO DE ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS EM ÁREAS
URBANAS**

LAVRAS - MG

2023

ANA LUIZA MOREIRA BOTAN

**UTILIZANDO FERRAMENTA DE CIÊNCIA CIDADÃ PARA O
MONITORAMENTO DE ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS EM ÁREAS
URBANAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Lavras como parte das exigências do curso
de Engenharia Ambiental e Sanitária, para
obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Rafael Dudeque Zenni

Orientador

LAVRAS - MG

2023

ANA LUIZA MOREIRA BOTAN

**UTILIZANDO FERRAMENTA DE CIÊNCIA CIDADÃ PARA O
MONITORAMENTO DE ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS EM ÁREAS
URBANAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Lavras como parte das exigências do curso
de Engenharia Ambiental e Sanitária, para
obtenção do título de Bacharel.

Aprovada em 23 de maio de 2023.

Dr. Rafael Dudeque Zenni UFLA

Dr. Lucas del Bianco Faria UFLA

Me. Marília Maria Silva da Costa UFLA

Prof. Dr. Rafael Dudeque Zenni

Orientador

LAVRAS - MG

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todas as oportunidades incríveis que recebi na vida. Agradeço aos meus mestres por formaram a profissional que eu sou hoje, em especial ao meu orientador Prof.º Dr.º Rafael Zenni, que aceitou me orientar por tantos anos. Agradeço aos meus colegas de laboratório que me ajudaram com esse trabalho, em especial Ana Carolina e Danielle, que me acalmaram nas vezes em que quis desistir. Agradeço à minha mãe por sempre me apoiar e me incentivar durante toda essa caminhada, te amo mais do que tudo no mundo. Agradeço aos meus irmãos por me manterem de pé, dividir a vida com você é um privilégio e vocês sempre serão minhas pessoas preferidas. Aos meus amigos que Lavras me deu, vocês foram meu lar longe de casa. Aos meus amigos que o mundo marinho me trouxe, que acompanharam a escrita deste trabalho por todos os cantos do Brasil. Por fim, agradeço também ao meu pai, a estrela mais linda do céu, você me ensinou a ver a felicidade nas coisas mais simples, te amo para sempre.

RESUMO

Espécies exóticas podem causar danos significativos à infraestrutura do local em que estão e seu manejo depende, dentre outros fatores, de como o público percebe o fenômeno. Uma forma de contribuição para a maior participação pública em projetos científicos é a ciência cidadã, a qual permite o envolvimento voluntário de pessoas na coleta, análise e interpretação de dados em pesquisas científicas. Uma plataforma de ciência cidadã que pode ser utilizada para trabalhos em ecologia é o iNaturalist, que permite identificar diferentes táxons por meio de fotos tiradas e enviadas pelos usuários. Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade do aplicativo iNaturalist para a determinação da ocorrência de espécies exóticas invasoras em cidades. Os dados exportados da plataforma remeteram a 38.374 ocorrências de 265 espécies invasoras presentes em áreas urbanas em 2.057 diferentes cidades. América do Norte, Europa Ocidental e Oceania concentram a grande maioria dos dados, enquanto África, Oriente Médio, Europa Oriental e Ásia Ocidental apresentam baixo número de cidades com observações. Foram ainda analisados fatores socioeconômicos e fatores ambientais, os quais se mostraram importantes determinantes quando relacionados com o número de dados presentes na plataforma e a riqueza de espécies. Os resultados encontrados indicam que, de forma geral, quando se tratando de animais, a ferramenta de ciência cidadã possui grande gama de dados, entretanto, para táxons como plantas, microrganismos e fungos, nota-se uma carência de dados, o que pode se tornar um obstáculo na realização de pesquisas científicas.

Palavras-chave: ciência cidadã; invasões biológicas; áreas urbanas; iNaturalist.

ABSTRACT

Exotic species can cause significant damage to the infrastructure of the place where they are and their management depends, among other factors, on how the public perceives the phenomenon. One way of contributing to greater public participation in scientific projects is citizen science, which allows for the voluntary involvement of people in the collection, analysis and interpretation of data in scientific research. A citizen science platform that can be used for work in ecology is iNaturalist, which allows identifying different taxa through photos taken and sent by users. Thus, the present work aims to evaluate the viability of the iNaturalist application for determining the occurrence of invasive alien species in cities. Data exported from the platform referred to 38,374 occurrences of 265 invasive species present in urban areas in 2,057 different cities. North America, Western Europe and Oceania concentrate the vast majority of data, while Africa, the Middle East, Eastern Europe and Western Asia have a low number of cities with observations. Socioeconomic factors and environmental factors were also analyzed, which proved to be important determinants when related to the number of data present on the platform and species richness. The results found indicate that, in general, when it comes to animals, the citizen science tool has a wide range of data, however, for taxa such as plants, microorganisms and fungi, there is a lack of data, which can become an obstacle in carrying out scientific research.

Keywords: citizen science; biological invasions; urban areas; iNaturalist.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Riqueza de espécies invasoras representada por cidades. Os círculos maiores representam cidades com grande número de espécies exóticas.....12
- Figura 2 - Riqueza de espécies invasoras por grupo taxonômico por cidades. Os círculos maiores representam cidades com grande número de espécies exóticas.....13
- Figura 3 - Porcentagem de riqueza de espécies por grupo biológico por ambiente (terrestre, água doce e marinho).....14
- Figura 4 - Resultado da análise NMDS da relação das variáveis ambientais, variáveis urbanas e dados do iNaturalist.....15

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 DESENVOLVIMENTO.....	9
2.1. Obtenção dos dados	9
2.2. Análises.....	11
3 RESULTADOS	12
4 DISCUSSÃO	17
5 CONCLUSÃO.....	19
REFERÊNCIAS	20

1 INTRODUÇÃO

Os meios transporte, as mudanças climáticas e as mudanças socioeconômicas, atrelados com a demografia e migrações humanas, estão entre os principais motivos para a ocorrência de invasões biológicas (ESSL et al. 2020). Sabe-se ainda que espécies exóticas invadem preferencialmente áreas de baixa diversidade de espécies nativas (RICOTTA; GODEFROID; ROCCHINI 2009). As invasões biológicas são uma das principais razões para a perda de biodiversidade e podem prejudicar o ecossistema em que se encontram, seja em ambientes terrestres, de água doce ou marinhos (BORN; RAUSCHMAYER; BRÄUER 2005 & MACIC et al. 2018).

Espécies exóticas podem causar danos significativos à infraestrutura do local em que estão, afetando edifícios, meios de transporte e abastecimento de água e energia, podendo colocar os habitantes em risco e acarretar em prejuízos econômicos (BOOY et al. 2017; JACKSON 2015). Estudos mostram que os impactos primários estão relacionados à perda de produção na agricultura ou na pesca, sendo fáceis de se quantificar. Entretanto, os efeitos indiretos são frequentemente negligenciados por não refletirem diretamente nos mercados, estando estes relacionados ao bem-estar social (BORN; RAUSCHMAYER; BRÄUER 2005). Entre 1984 e 2019 o Brasil teve um gasto de US\$104,33 bilhões por conta de danos e prejuízos causados por espécies invasoras, e um investimento de apenas US\$1,19 bilhões para prevenção, controle ou erradicação dessas espécies (ADELINO et al. 2021).

O manejo de invasões biológicas depende, dentre outros fatores, de como o público percebe o fenômeno. Essa percepção está conectada ao conhecimento científico, o que ressalta a necessidade de cientistas transferirem informações de forma eficaz (SIMBERLOFF et al. 2013). Uma forma de contribuição para a maior participação pública em projetos científicos é a ciência cidadã (HEIGL et al. 2019). Sabe-se ainda que muitas comunidades locais são as principais responsáveis por ajudarem na conservação ambiental, o que torna importante que a ciência cidadã seja acessível para todos (COMANDULLI et al. 2016).

A ciência cidadã é o envolvimento voluntário na coleta, análise e interpretação de dados (POCOCK et al. 2017). É capaz de cobrir uma variedade de assuntos, envolvendo milhões de pessoas ao redor do mundo, muitas das quais não são treinadas como cientistas (BONNEY et al. 2014). Ademais, oferece novas oportunidades para pesquisas realizadas na área de ecologia, em conjunto com a sociedade (ADLER et al. 2020). Mesmo podendo causar uma incerteza acerca da validade dos resultados, os dados coletados por meio de ferramentas de ciência cidadã podem ser úteis e servir de complementação para dados profissionais (HAKLAY 2013 & DE SÁ et al. 2019).

Um exemplo de ferramenta de ciência cidadã é a plataforma iNaturalist, que permite a identificação de organismos por meio de uma foto enviada pelo usuário. O iNaturalist fornece um aprimoramento padronizado e econômico para a coleta de espécimes, e pode ser facilmente adaptado para objetivos específicos de pesquisa (GAZDIC; GROOM 2019). É útil para a detecção de novas introduções, além de permitir que seus usuários interajam com pessoas de todo o mundo, conectando as pessoas com os ecossistemas dos quais fazem parte (CALLAGHAN et al. 2022).

O presente trabalho tem como objetivo analisar a ocorrência de espécies exóticas invasoras em áreas urbanas registradas no aplicativo iNaturalist e determinar se a ferramenta de ciência cidadã pode ser utilizada como fonte de dados confiável e sustentável para projetos de pesquisa em ecologia. Para isso, os dados utilizados foram obtidos por meio do projeto “Biota Exótica Urbana”, disponível no iNaturalist.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1. Obtenção dos dados

A exportação dos dados foi realizada em 21/09/2020, somando um total de 191.091 observações. Não houve restrição geográfica ou taxonômica na procura. Na mesma data, a partir da plataforma Natural Earth, foram exportados

os dados globais de áreas urbanas. Utilizando a ferramenta QGIS versão 3.10.10, os dados do iNaturalist foram sobrepostos aos dados do Natural Earth, o que tornou possível selecionar apenas aqueles os quais realmente estavam em áreas urbanas. Também foram removidas as observações não consideradas como Grau de Pesquisa na plataforma (grau de pesquisa indica dados que foram confirmados por mais de dois usuários). Ao final, restaram 83.074 observações.

A confirmação da origem exótica de espécies em áreas urbanas foi feita utilizando dados do Registro Global de Espécies Introduzidas e Invasoras (Global Register of Introduced and Invasive Species - GRIIS - Pagad et al. 2018), disponível no Sistema Global de Informação sobre Biodiversidade (Global Biodiversity Information Facility - GBIF). As observações as quais não correspondiam à espécies exóticas em suas respectivas áreas segundo o GRIIS foram desconsideradas, resultando em um total final de 38.374 observações.

Utilizando o Banco de Dados de Áreas Administrativas Globais (Global Administrative Areas - GADM - 2012) foi feita a subdivisão política para cada uma das observações. Vale ressaltar que nem todos os países no mundo possuem divisão em cidades, algumas utilizam denominação de província, por exemplo. Foi então considerado o mesmo nível de subdivisão para todos os países baseado nos dados da plataforma. Entretanto, para facilitar o entendimento, no presente trabalho, as subdivisões serão tratadas como sendo todas cidades.

Foram também realizadas análises levando em consideração fatores socioeconômicos e ambientais de cada localidade relacionados com dados gerais do iNaturalist. As informações de produto interno bruto per capto (PIB per capto) foram obtidas a partir do Banco Mundial, sendo esses dados de 2018 ou do ano mais recente disponível. Os dados de Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) foram retirados do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - 2020 Relatório de Desenvolvimento Humano. As médias das temperaturas anuais e as precipitações anuais foram obtidas pelo WorldClim 2 (Fick et al. 2017). O número de observações por país foi obtido diretamente do aplicativo.

2.2. Análises

Utilizando dados do mapa de Schneider et al. (2009) foi calculado o número de espécies exóticas em cada cidade, o que possibilitou a determinação das cidades com maiores riquezas de espécies exóticas. A classificação foi feita de acordo com os grupos biológicos pré-definidos pelo iNaturalist (Actinopterygii, Amphibia, Arachnida, Asteroidea, Aves, Bivalvia, Cephalaspidomorphi, Gastropoda, Hydrozoa, Insecta, Malacostraca, Mammalia, Maxillopoda, Polychaeta, Reptilia e Turbellaria) e segundo o ambiente o qual cada registro foi feito (água doce, marinho e terrestre).

A partir dessa primeira análise foi possível perceber que, mesmo não havendo restrições na busca dos dados, não houveram observações para plantas, fungos e microorganismos. Assim, a falta de informações acerca desses grupos taxonômicos é derivada da própria plataforma. Uma explicação para essa carência de dados é o fato da dificuldade de se realizar fotoidentificação desses grupos, bem como a existência de aplicativos exclusivos para a identificação de plantas.

Com o objetivo de investigar a composição das assembléias entre regiões, por meio do software R, foi realizada uma análise de ordenação de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS), utilizando distância de Jaccard. Objetivando evitar o viés causado pelo elevado número de cidades com poucas ocorrências de espécies, a análise foi restringida às cidades com mais de cinco espécies. O agrupamento entre regiões foi testado por meio de uma análise de variância multivariada permutacional (função “adonis”, pacote “vegan” - Oksanen et al. 2021). Para essa análise as regiões foram subdivididas em continentes, seguindo o nível 1 do International Working Group on Taxonomic Databases (TDWG - Brummit 2001). Por fim, foi testada a correlação entre o PIB per capita, densidade populacional, IDH, temperatura média anual, precipitação anual e número de observações no iNaturalist e o agrupamento inicialmente realizado, utilizando a função “envfit” (pacote “vegan” - Oksanen et al. 2021).

Foi ainda feito um modelo linear generalizado de riqueza de espécies em função da área das cidades e número de observações, com base no trabalho de

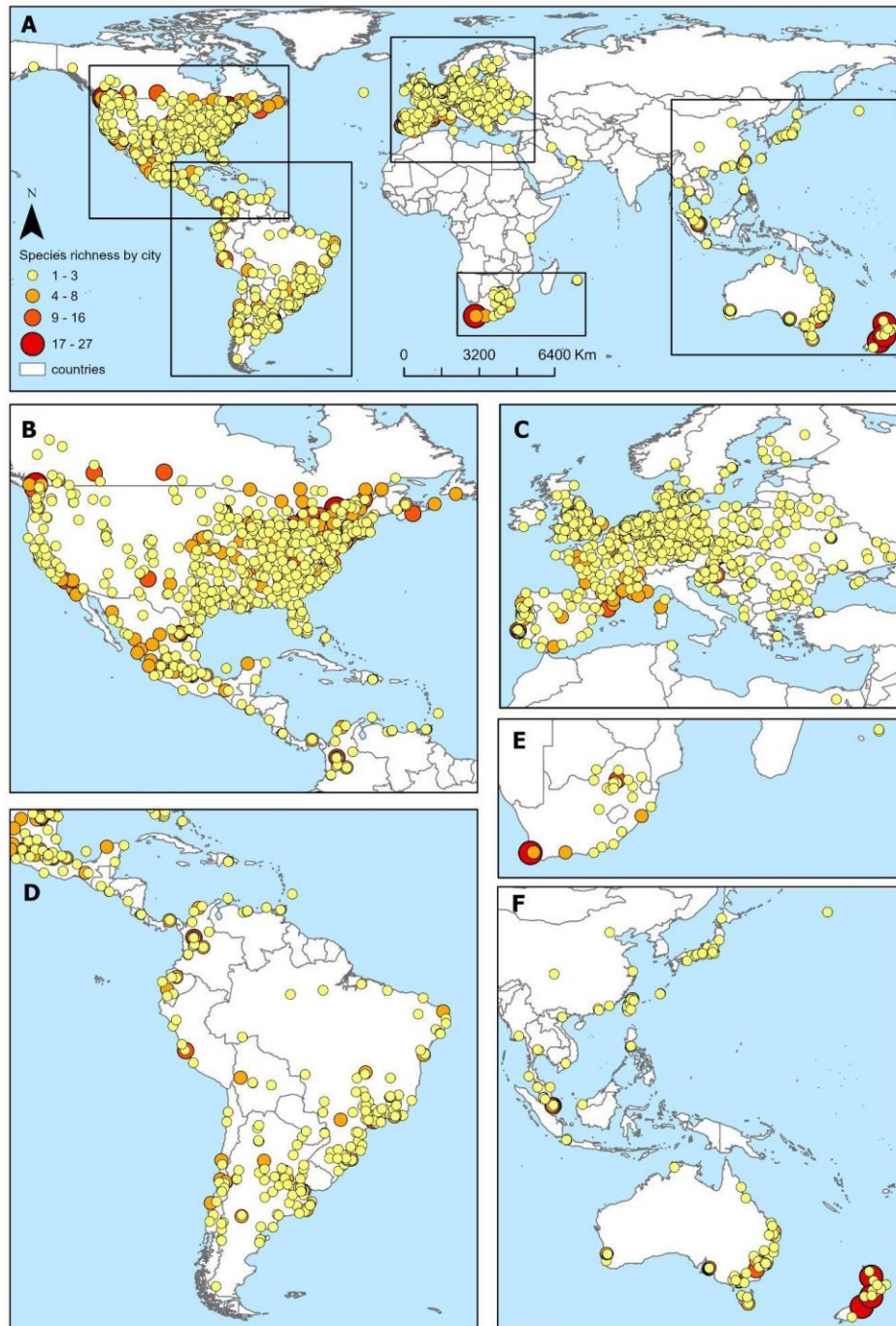
Dawson et al. (2017). Os valores residuais desse modelo foram utilizados para identificar as cidades com maior e menor riqueza de espécies exóticas para remover o efeito da área e esforço do ranking de *hotspots* e *coldspots*. Para isso as cidades foram divididas em quartis baseados na riqueza. As cidades com maior riqueza de espécies (*hotspots*) se encontram no quartil upper 2.5%, enquanto as cidades com menor riqueza de espécies se encontram no quartil lower 2.5%. Após, utilizando o GADM 2.0 (Global Administrative Areas, 2012) e os dados encontrados, foi possível a construção de um mapa. Por fim, foi feita uma comparação entre os dados do iNaturalist e de Dawson et al. (2017), avaliando a correspondência entre os hotspots e coldspots globais.

3 RESULTADOS

Partindo das 192.091 observações iniciais obtidas no aplicativo, foi possível encontrar 38.374 registros de 265 diferentes espécies invasoras ocorrendo em sete continentes, 72 países e 2.057 cidades (Fig. 1). A partir do mapa, percebe-se que as ocorrências encontram-se distribuídas de forma heterogênea pelo mundo, sendo que América do Norte, Europa, Austrália e Nova Zelândia somam, aproximadamente, 90% dos dados. Nota-se que há uma falta de dados originários da África e de parte da Ásia.

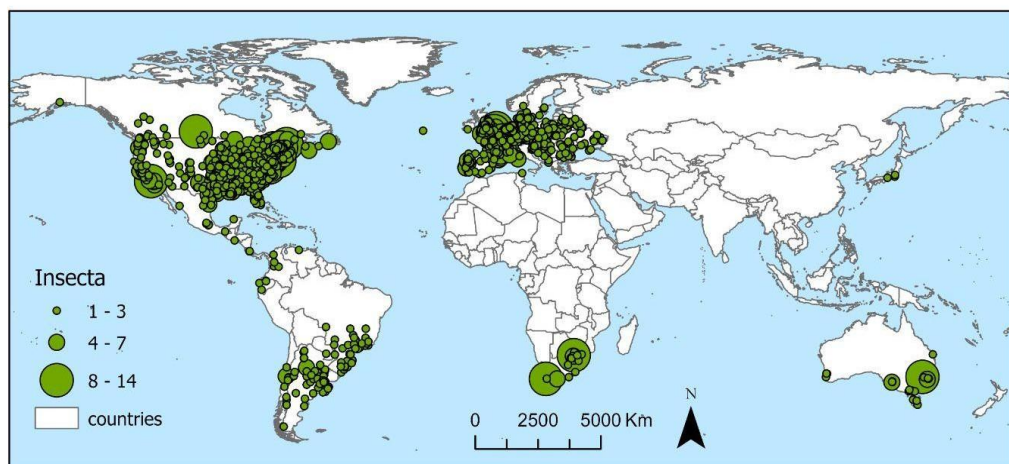
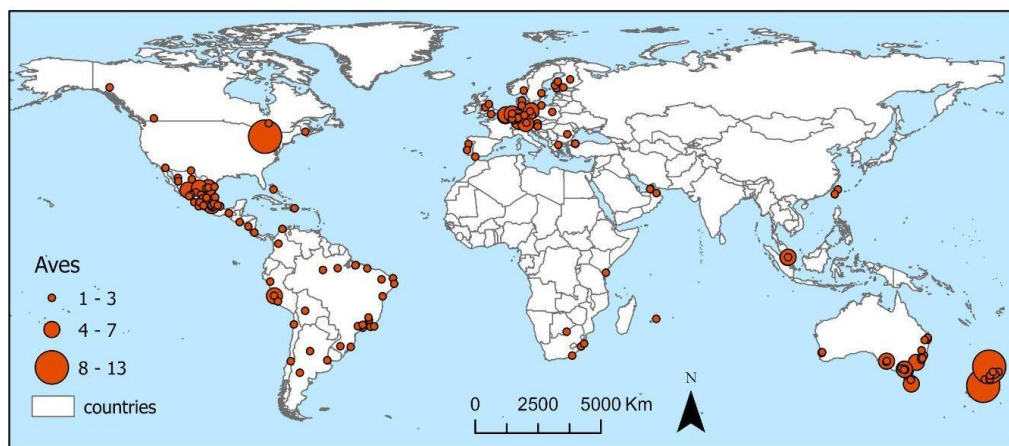
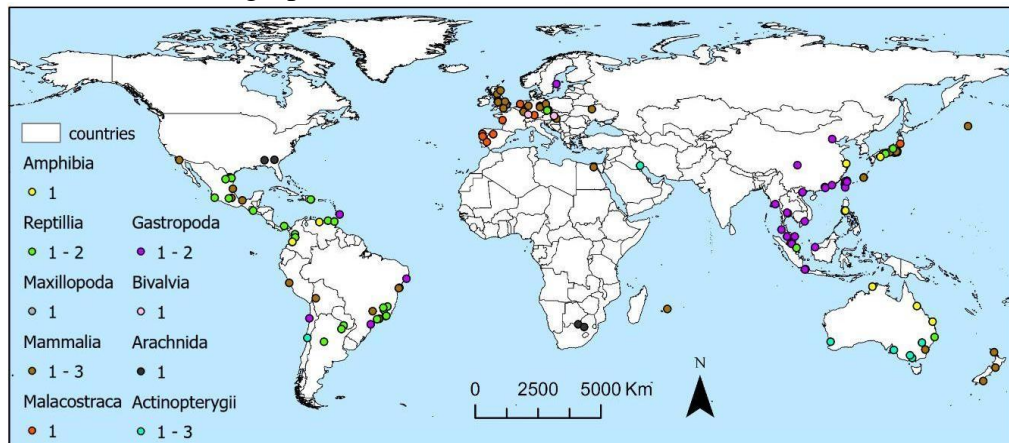
As cidades que apresentaram maior riqueza de espécies foram Toronto - Canada (n = 27), Auckland - Nova Zelândia (n = 24) e Greater Vancouver - Canada (n = 23). No caso dos grupos taxonômicos, Insecta foi o que apresentou maior riqueza (n = 14), seguido por Aves (n = 13) (Fig. 2). Os outros grupos taxonômicos apresentaram riquezas abaixo de três, sendo que Asteroidea, Cephalaspidomorphi, Hydrozoa e Polychaeta não foram considerados nessa análise, visto que apresentam baixos valores de riqueza. A figura 2 mostra que as cidades com maiores riquezas de insetos estão na África do Sul, América do Norte e Europa, e as cidades com maiores riquezas de aves estão na Nova Zelândia, América do Norte e América do Sul.

Figura 1 - Riqueza de espécies invasoras representada por cidades. Os círculos maiores representam cidades com grande número de espécies exóticas. Em que: A) Mapa mundi; B) América do Norte e América Central; C) Europa; D) América do Sul; E) Sul da África; e F) Oceania.



Fonte: Do Autor.

Figura 2 - Riqueza de espécies invasoras por grupo taxonômico por cidades. Os círculos maiores representam cidades com grande número de espécies exóticas. O segundo mapa traz a riqueza de aves no mundo. O terceiro mapa traz a riqueza de insetos no mundo. O primeiro mapa traz a riqueza dos demais grupos taxonômicos.

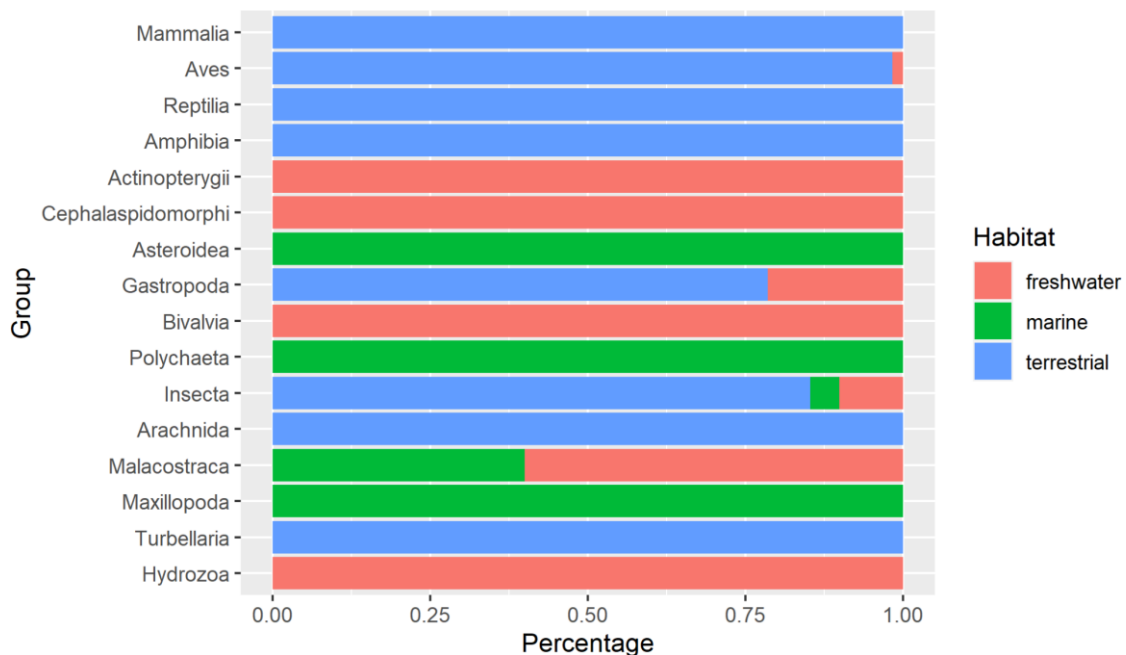


Fonte: Do Autor.

Considerando os três diferentes ambientes (terrestre, água doce e marinho), foi possível encontrar a riqueza por grupo biológico por ambiente (Fig. 3). O único grupo presente em todos os ambientes foi o Insecta, com uma riqueza de 85 espécies. Desse grupo, a espécie mais comum foi *Harmonia axyridis*, com 24.560 observações, sendo também a mais observada dentre todas as espécies de todos os grupos.

O ambiente com maior número de espécies foi o terrestre (n = 236), seguido por água doce (n = 43) e marinho (n = 10). Asteroidea, Cephalaspidomorphi, Hydrozoa, Maxillopoda e Polychaeta aparecem em um único ambiente, e todos apresentam riqueza igual a 1. Já Mammalia (n = 29), Actinopterygii (n = 21) e Arachnida (n = 19) apresentam riquezas maiores, porém também estão presentes em apenas um ambiente.

Figura 3 - Porcentagem de riqueza de espécies por grupo biológico por ambiente (terrestre, água doce e marinho).

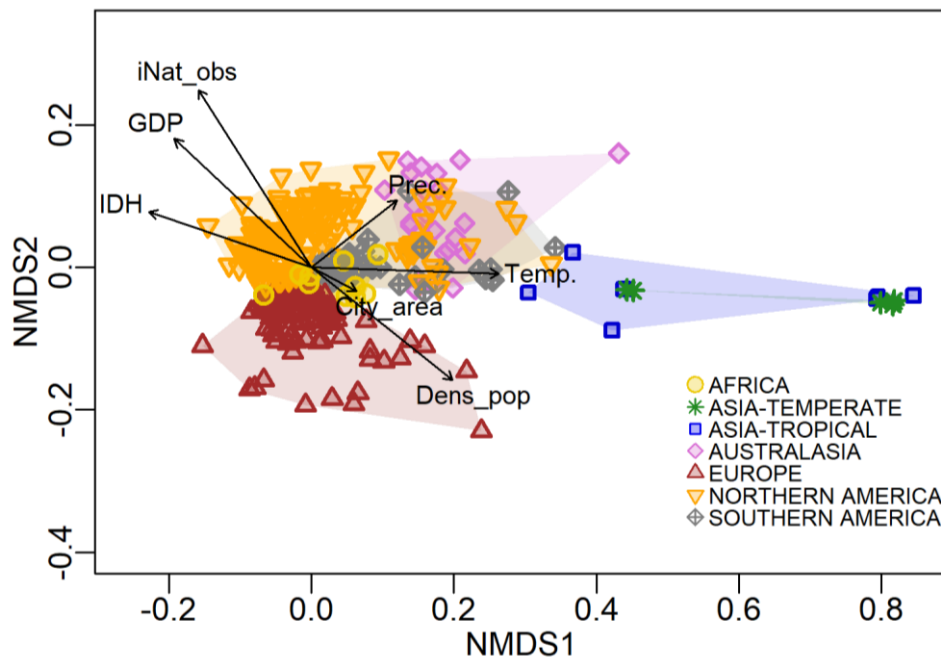


Fonte: Do Autor.

Tem-se ainda que a composição de espécies invasoras é afetada pelo continente o qual cada cidade se encontra (PERMANOVA: $p < 0.001$). Cidades situadas no mesmo continente tendem a ter composições de espécies mais

similares em comparação com cidades localizadas em continentes diferentes. Ademais, há ainda uma associação entre as variáveis ambientais (precipitação e temperatura), urbanas (PIB per capita, densidade populacional, IDH e área da cidade) e o número de observações retirados do iNaturalist. O número de observações do iNaturalist, IDH e PIB possuem possível associação com a região da América do Norte, densidade populacional possui possível associação com o continente europeu, precipitação está possivelmente associada com a Eurásia e América do Norte, e temperatura possui possível associação com a Ásia e América do Sul (Fig. 4).

Figura 4 - Resultado da análise NMDS da relação das variáveis ambientais, variáveis urbanas e dados do iNaturalist.



Fonte: Do Autor.

A partir das análises de hotspot foi possível encontrar as 47 cidades com os maiores valores residual (upper 2.5%) e as 47 cidades com os menores valores residual (lower 2.5%). As cinco principais cidades hotspots são Auckland - Nova Zelândia (residual = 17.19), Christchurch - Nova Zelândia (residual = 16.64), Wellington - Nova Zelândia (residual = 13.04), Cidade do Cabo - África do Sul (residual = 12.02) e Hamilton - Canadá (residual = 11.56). Enquanto as cinco

principais cidades coldspots são Tarrant - EUA (residual = -16.3), Travis - EUA (residual = -12.46), São Francisco - EUA (residual = -9.97), Dallas - EUA (residual = -9.3) e Harris - EUA (residual = -7.53). A correspondência das cidades hotspots e coldspots foi baixa quando comparada com os dados globais de Dawson et al. (2017).

4 DISCUSSÃO

A plataforma iNaturalist se mostrou ser uma rica fonte de informações acerca da ocorrência de espécies exóticas de animais em áreas urbanas, fornecendo uma grande quantidade de dados para diversas cidades em todos os continentes, com exceção da Antártica. Mesmo após a filtragem dos registros, ainda há grande quantidade de dados para serem utilizados nas análises. Assim, o iNaturalist pode fornecer dados suficientes para projetos de pesquisa na área de ecologia de invasões biológicas. Um exemplo disso é o trabalho desenvolvido por Ceccolini (2021), o qual utilizou observações da plataforma para identificar a presença da vespa *Sceliphron curvatum* em novos locais. Com os dados obtidos foi possível detectar os primeiros registros da espécie em várias cidades portuguesas, sendo possível prevenir a sua dispersão.

Mesmo sendo possível observar que há registros por todo o globo, deve-se levar em consideração a falta de dados em regiões como a Floresta Amazônica, África e Ásia, bem como os poucos, ou no caso do presente trabalho nenhum, registros de plantas, fungos e microrganismos. Entretanto, destaca-se que há uma gama de dados quando se tratando de aves e insetos. Em seu estudo, Hochmair et al. (2020) comparou a abundância e a diversidade de espécies dos registros de cupins georreferenciados no iNaturalist com os dados da coleção de cupins da Universidade da Flórida (UFTC) e do Sistema Global de Informação sobre Biodiversidade (GBIF), concluindo que os registros da plataforma foram menos abundantes, mas serviram de complemento para as outras duas bases de dados.

Foi ainda analisado que os fatores socioeconômicos estão diretamente relacionados com o número de usuários da plataforma, justificando o fato de

certos países possuem um grande número de acessos e observações. Segundo estatísticas do próprio iNaturalist, no ano de 2020 a plataforma registrou 23.638.564 observações, sendo que o país com maior concentração de dados foi os EUA (12.339.915 observações), seguido por Canadá (2.103.597 observações) e Rússia (1.140.531 observações). Sabe-se que os países da América do Norte apresentam altos valores de IDH e PIB e que o continente Europeu possui grande densidade populacional, quando comparados com outros países registrados no trabalho. Esses fatores explicam os resultados encontrados na análise NMDS (Fig. 4).

Percebe-se também que os locais com mais registros de espécies invasoras são também os locais com maiores números de observações na plataforma, o que pode ser uma limitação, visto que foi encontrado que as cidades que apresentaram maiores riquezas de espécies não são necessariamente as com mais registros. Como exemplo, em 2020, segundo o iNaturalist, foram registradas 284.321 observações na Nova Zelândia, valor bem abaixo do que foi registrado nos EUA. Mesmo assim, o país aparece com uma de suas cidades ocupando o segundo lugar com maior riqueza de espécies, enquanto EUA não apresenta nenhuma cidade dentre as cidades com maiores riquezas.

Destaca-se ainda que foram obtidas mais observações no ambiente terrestre, o que pode ser explicado pela facilidade de acesso pelos usuários quando comparado com os outros habitats. Além disso, Insecta e Aves foram os grupos taxonômicos com maiores números de observações, sendo também os grupos que apresentaram maior riqueza de espécies na plataforma, o que pode ser explicado pelo fato de, no todo, serem os grupos taxonômicos com maior diversidade.

Uma outra limitação encontrada foi que espécies mais cativantes e que geram maior curiosidade visualmente aparentam receber uma maior atenção dos usuários. Um exemplo disso é a *Harmonia axyridis*, uma espécie de joaninha muito encontrada em jardins e constantemente representada como sendo um personagem carismático em histórias e desenhos infantis, e que aparece como sendo a terceira espécie de inseto e a quinta espécie com mais observações na plataforma, bem como uma das espécies com mais observações no presente

trabalho. No caso das aves, *Passer domesticus*, uma espécie de pássaro conculmente avistada em áreas urbanas, aparece como sendo a segunda espécie de ave e a quarta espécie com mais observações na plataforma, além de ser a espécie de aves com mais observações no trabalho.

Uma última limitação a ser ressaltada é que o trabalho não apresentou dados de plantas, fungos e microrganismos, sendo notória a dificuldade de se identificar organismos desses grupos apenas por imagens. Esse fato pode ser comprovado ao se analisar que a plataforma não apresenta nenhuma espécie de nenhum desses táxons dentre as espécies mais observadas. Entretanto, o estudo endossa o uso do iNaturalist e de outras ferramentas de ciência cidadã para o estudo de espécies exóticas invasoras.

Por fim, quando comparados os resultados da análise de hotspots dos dados do iNaturalist com o trabalho realizado por Dawson et al. (2017) é possível ver que não houveram correspondências entre os locais de *hotspots* e *coldspots*. Esse resultado pode ser explicado tanto pela diferença na riqueza de espécies de animais exóticos em áreas urbanas quanto pela diferença nos métodos de amostragem. Entretanto, é interessante destacar que as cinco principais cidades *coldspots* estão localizadas nos EUA, o que mostra, mais uma vez, que regiões com mais observações não são necessariamente regiões com maior riqueza de espécies.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que os dados obtidos sugerem que a plataforma iNaturalist oferece dados coerentes para o estudo e formulação de conclusões sobre a biodiversidade de animais exóticos em áreas urbanas, mas desde que considerado os fatores socioeconômicos e taxonômicos, bem como o viés de observações. Ademais, o incentivo ao uso de ferramentas de ciência cidadã por mais pessoas, principalmente em regiões onde o aplicativo possui menos usuários, bem como o incentivo para que os taxonomistas participem da plataforma para confirmar a

identificação das espécies, pode aumentar consideravelmente a quantidade, a qualidade e, conseqüentemente, o uso de dados confiáveis.

REFERÊNCIAS

ADELINO, José Ricardo Pires et al. (2021). The economic costs of biological invasions in Brazil: a first assessment. **NeoBiota**, v. 67, p. 349-374, 29 jul. 2021. DOI: 10.3897/neobiota.67.59185

ADLER, F. R.; GREEN, M. A; SEKERCIOGLU, Ç. H. Citizen science in ecology: a place for humans in nature. **Annals of the New York Academy of Sciences**, p. 1-13, 2020. DOI: 10.1111/nyas.14340

BONNEY, Rick et al. Next Steps for Citizen Science. **Science**, v. 343, p. 1436-1437, 28 mar. 2014. DOI: 10.1126/science.1251554

BOOY, Olaf et al. Impact of Biological Invasions on Infrastructure. *In*: MONTSERRAT, Vilà. **Impact of Biological Invasions on Ecosystem Services**. Springer, p. 235-247, feb. 2017. DOI:10.1007/978-3-319-45121-3_15

BORN, W.; RAUSCHMAYER, F.; BRÄUER, I. (2005). Economic evaluation of biological invasions - a survey. **Ecological Economics**, v. 55(3), p. 321-336, 15 nov. 2005. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.08.014>

CALLAGHAN, Corey et al. The benefits of contributing to the citizen science platform iNaturalist as an identifier. **PLoS Biology**, v. 20(11), 10 nov. 2022. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001843>

CECCOLINI, Filippo. New records for the alien mud-dauber wasp *Sceliphron caementarium* (Drury, 1773) (Hymenoptera: Sphecidae) in Peru. **Revista Chilena De Entomología**, v. 47(4), p. 951-954, 28 dez. 2021.

COMANDULLI, Carolina et al. (2016). Ciência Cidadã Extrema: Uma Nova Abordagem. **Biodiversidade Brasileira**, v. 6(1), p. 34-47, 2016. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.529>

DAWSON, Wayne et al. Global hotspots and correlates of alien species richness across taxonomic groups. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1(0186), 2017. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0186>

DE SÁ, Nuno et al. Can citizen science data guide the surveillance of invasive plants? A model-based test with *Acacia* trees in Portugal. **Biological Invasions**, v. 21, p. 2127-2141, 20 mar. 2019. <https://doi.org/10.1007/s10530-019-01962-6>

ESSL, Franz et al. Drivers of future alien species impacts: An expert-based assessment. **Global Change Biology**, v. 26(9), p. 1-14, 14 jul. 2020. <https://doi.org/10.1111/gcb.15199>

GAZDIC, Milan; GROOM, Quentin. iNaturalist is an Unexploited Source of Plant-Insect Interaction Data. **Biodiversity Information Science and Standards**, v. 3, jun. 2019. DOI:10.3897/biss.3.37303

Global Administrative Areas. (2012). **GADM database of Global Administrative Areas, version 2.0**. Available at <http://www.gadm.org/> [Accessed September 21, 2021].

HAKLAY, Muki. Citizen Science and Volunteered Geographic Information – overview and typology of participation. *In*: SUI, D.Z.; ELWOOD, S.; GOODCHILD, M. **Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice**, v. 1, p. 05-122, 2013.

HEIGL, Florian et al. Toward an international definition of citizen science. **PNAS**, v. 116(17), p. 8089-8092, 23 abr. 2019.

Hochmair, H. H., Scheffrahn, R. H., Basille, M., et al. Evaluating the data quality of iNaturalist termite records. **PLoS ONE**, v. (15)5, 2020. <https://doi.org/10.1073/pnas.1903393116>

iNaturalist (2020). Available from <https://www.inaturalist.org> [Accessed September 21, 2020].

iNaturalist (2022). Available from <https://www.inaturalist.org> [Accessed August 20, 2022].

iNaturalist Countries [online tool]. **jumear\stirfry Github repository**. https://jumear.github.io/stirfry/iNat_countries.html?quality_grade=research&sats=observations [Accessed April 20, 2021].

JACKSON, Tony. Addressing the economic costs of invasive alien species: Some methodological and empirical issues. **International Journal of Sustainable Society**, v. 7(3). p. 221-240, jan. 2015. DOI:10.1504/IJSSOC.2015.071303

MACIC, Vesna et al. Biological Invasions in Conservation Planning: A Global Systematic Review. **Frontiers in Marine Science**, v. 5, 2018. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00178>

POCOCK, Michael, et al. The diversity and evolution of ecological and environmental citizen science. **PLoS ONE**, v. 12(4), 3 abr. 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172579>

SCHNEIDER, A.; FRIEDL, M. A.; POTERE, D. A new map of global urban extent from MODIS data. **Environmental Research Letters**, v. 4, 04 out. 2009. DOI 10.1088/1748-9326/4/4/044003

SIMBERLOFF, Daniel et al. Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 28(1), p. 58-66, jan. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.07.013>

RICOTTA, C.; GODERFROID, S.; ROCCHINI, D. Patterns of native and exotic species richness in the urban flora of Brussels: rejecting the 'rich get

richer' model. **Biological Invasions**, v. 12, p. 233-240, 12 feb. 2009. DOI:
10.1007/s10530-009-9445-0