



**INSTITUTO FEDERAL GOIANO, CAMPUS URUTAÍ - GO
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**O POTENCIAL EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A COMPETIÇÃO DE
ESPÉCIES NATIVAS E EXÓTICAS DE MOLUSCOS SUL-AMERICANOS**

ALUNO: Wanderson Siqueira Teles

ORIENTADOR: Dr. Daniel de Paiva Silva

**Urutaí, GO
2022**

Wanderson Siqueira Teles

**O POTENCIAL EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A COMPETIÇÃO DE
ESPÉCIES NATIVAS E EXÓTICAS DE MOLUSCOS SUL-AMERICANOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte dos requisitos para conclusão do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí.

**Urutaí, GO
2022**

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

TW245p Teles , Wanderson Siqueira Teles
O potencial efeito das mudanças climáticas sobre a
competição de espécies nativas e exóticas de moluscos
sul-americanos. / Wanderson Siqueira Teles Teles ;
orientador Daniel de Paiva Silva Paiva Silva . --
Urutai, 2022.
40 p.

TCC (Graduação em Ciências Biológicas) --
Instituto Federal Goiano, Campus Urutai, 2022.

1. Achatina fulica. 2. Perda de biodiversidade.
3. Mudanças climáticas. 4. Megalobulimus. 5. Invasões
biológicas. I. Paiva Silva , Daniel de Paiva Silva ,
orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- Tese (doutorado)
 Dissertação (mestrado)
 Monografia (especialização)
 TCC (graduação)

- Artigo científico
 Capítulo de livro
 Livro
 Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Wanderson Siqueira Teles

Matrícula:

2018101220530368

Título do trabalho:

O potencial efeito das mudanças climáticas sobre a competição de espécies nativas e exóticas de moluscos sul-americanos.

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 09 / 02 / 2022

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

• Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;

• Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;

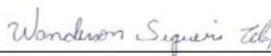
• Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Urutai - Goiás

Local

09 / 02 / 2022

Data


Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)

Anexo IV

ATA DE APRESENTAÇÃO DE TRABALHO DE CURSO

Às 14 horas do dia 03 de fevereiro de 2022, reuniu-se

() Presencialmente na sala nº _____ do Prédio _____ do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Urutaí

(X) Por vídeo conferência

a Banca Examinadora do Trabalho de Curso intitulado “O potencial efeito das mudanças climáticas sobre a competição de espécies nativas e exóticas de moluscos sul-americanos” composta pelos professores

1 Daniel de Paiva Silva

2 Marcel Sabino Miranda

3 André Luis da Silva Castro

4 (suplente, quando necessário) _____

para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito parcial para a obtenção do Grau de **Licenciado em Ciências Biológicas**. O Presidente da Banca Examinadora, Prof. **Daniel de Paiva Silva**, passou a palavra ao licenciando (a) **Wanderson Siqueira Teles** para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da Banca Examinadora e respectiva defesa da licencianda. Logo após, a Banca Examinadora se reuniu, sem a presença do(a) licenciado(a) e do público, para expedição do resultado. A Banca Examinadora considerou que o(a) discente foi

APROVADO por unanimidade, tendo sido atribuído a nota **8,2** ao seu trabalho. O resultado foi então comunicado publicamente ao(a) licenciando(a) pelo Presidente da Banca Examinadora. Nada mais havendo a tratar, o Presidente da Banca Examinadora deu por encerrada a defesa.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora	Notas
1. Daniel de Paiva Silva	8,3
2. Marcel Sabino Miranda	7,2
3. André Luis da Silva Castro	9,1
Média final:	8,2

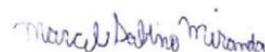
Urutaí-GO, 03 de fevereiro de 2022.



DANIEL DE PAIVA SILVA



ANDRÉ LUIS SILVA CASTRO



MARCEL SABINO MIRANDA

Dedico a família Siqueira e aos amigos.
Minhas inspirações diárias.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente sou grato a Deus, por te me dando força, coragem, saúde e muita persistência. Agradeço imensamente a minha mãe (Alexandrina Siqueira Gomes) que desde sempre me encoraja, me ajuda e confia no meu potencial. Aos meus irmãos e prima (Maykon Dhowglas, Marcos Gabriel e Marcielly Silva, respectivamente). Por essas 4 pessoas que eu sou grato diariamente, pois me ajudam em todos os momentos e acreditam em mim. Agradeço à minha amiga Thauane Ostroski, que desde sempre esteve comigo, segurando em minha mão e me mostrando que o céu não é o limite. Agradeço um jovem rapaz que me acompanha desde que ele e eu tínhamos três anos de idade (Gabriel Aguiar), muito obrigado tio/primo/irmão/amigo, você como ninguém me deu experiências inexplicáveis e me acolheu em momentos único. À minha amiga Andreina Mota (Andy), que está sempre comigo, me ajudando e me dando conselhos e que acreditou em mim mesmo quando eu não acreditava. Sou grato aos meus amigos dos grupos “Fale o que quiser” e do “Cristalânia”, vocês fizeram história em minha vida. Não posso deixar de agradecer as irmãs Santos (Julie, Juliana e Ingrid) que me acolheram milhares de vezes e me mostraram que o mundo fica bem melhor com uma cervejinha. Ao meu neném Christofer (filho da Juliana) que é tão pequeno, mas mesmo assim me ensinou tanto sobre valores e amor.

Extremamente grato aos colegas que eu fiz na faculdade (Nadielly, Thiarlen e Nathalia). Aos meus irmãos de faculdade (Leonardo Almeida e Luiz Fernando) eu deixo o meu muito obrigado, pois vocês sempre estiveram comigo, me aturando, me ajudando, rindo, chorando. Nós três passamos tudo que tinha para passar juntos (e mais está por vim). Sou grato pela amiga que fiz assim que entrei na faculdade (Luiza Fulgêncio), essa que sempre me ajuda, dar carinho, puxa a orelha quando preciso, me estimula e me encoraja. Obrigado grande amiga, graças a você eu tento ser uma pessoa melhor todos os dias. Aos meus companheiros do laboratório COBIMA (Leticia Martins e Lucas Saavedra) eu aprendi muito com vocês em todos estes anos. Ao grupo PET Bio, que me acolheu, me ensinou e me fez ser uma pessoa melhor. Em especial agradeço a minha madrinha ex-petiana (Thais Silva) que me ajudou bastante no começo da graduação, a ex-petiana Adrielle Souza, que me motivou, me ensinou e puxou bastante a minha orelha. Ao tutor do PET Bio (Prof. André Castro) que me motivou dia após dia a ser um petiano melhor, um aluno melhor e um ser humano melhor. Seus ensinamentos vão sempre andar comigo, muito obrigado. Sou grato a todos que passaram pelo grupo, deixando sua história, essência e seu carinho. Por fim, gostaria de agradecer ao Prof. Daniel de Paiva Silva (meu orientador), que me acolheu em seu laboratório, me emprestou um *notebook* para eu estudar, me motiva e me encoraja a buscar o que acredito e que tenta me acalmar em momentos de desespero exacerbado. Por fim, agradeço a todos que de forma direta ou indireta são parte da minha formação profissional e humana.

Não é sobre ser o mais inteligente e sim sobre o quando você se esforçou.

Lista de ilustrações

- Figura 1.** Mapas de distribuição espacial das ocorrências das 10 espécies do gênero *Megalobulimus* e de *A. fulica* na América do Sul. O mínimo polígono convexo cinza de *A. fulica* encontra-se representado nos mapas das 10 espécies nativas..... 10
- Figura 2.** Mapas de distribuição potencial no cenário presente para 10 espécies nativas e *A. fulica*. O mínimo polígono convexo cinza de *A. fulica* encontra-se representado nos mapas das 10 espécies nativas. As espécies *M. sanctipauli* (preta), *M. dryades* (amarela), *M. elongatus* (verde), *M. granulatus* (azul), *M. haemastomus* (vermelho), *M. intertextos* (marrom), *M. lorentzianus* (laranja), *M. musculus* (bege), *M. paranaguensis* (rosa) e *M. yporanganus* (roxo) também estão representadas..... 12
- Figura 3.** Mapas de distribuição potencial no cenário futuro (2060) para 10 espécies nativas e *A. fulica* a partir de um único cenário Atmosfera-Oceano de emissões de gases do efeito estufa mais pessimista (BCC-CSM2-MR). O mínimo polígono convexo cinza de *A. fulica* encontra-se representado nos mapas das 10 espécies nativas. As espécies *M. sanctipauli* (preta), *M. dryades* (amarela), *M. elongatus* (verde), *M. granulatus* (azul), *M. haemastomus* (vermelho), *M. intertextos* (marrom), *M. lorentzianus* (laranja), *M. musculus* (bege), *M. paranaguensis* (rosa) e *M. yporanganus* (roxo) também estão representadas..... 13
- Figura 4.** Mapa de sobreposição de distribuição potencial das espécies entre os cenários presente e futuro, indicando áreas estáveis (roxo), áreas preditas apenas no futuro (vermelho) e áreas preditas apenas no presente (azul). Áreas em branco correspondem a áreas inadequadas..... 14
- Figura 5.** Mapa de soma de espécies no presente e no futuro (2060). Locais com baixa riqueza de espécies analisadas no estudo possuem cores azuis (nenhuma espécie), enquanto áreas ricas em espécies possuem cores vermelhas. A distribuição potencial de *A. fulica* nestas áreas está hachurada..... 15
- Figura 6.** Análise de nicho ambiental utilizados por *A. fulica* e as 10 espécies nativas de moluscos da América do Sul. A linha sólida e as linhas tracejadas ilustram, respectivamente, 50% e 100% do clima disponível para cada espécie analisada. As espécies estão representadas de acordo com as seguintes cores: *A. fulica* (roxo). As faixas nativas das espécies *M. sanctipauli* (preta), *M. dryades* (amarela), *M. elongatus* (verde), *M. granulatus* (azul), *M. haemastomus* (vermelho), *M. intertextos* (marrom), *M. lorentzianus* (laranja), *M. musculus* (bege), *M. paranaguensis* (rosa) e *M. yporanganus* (roxo) também estão representadas..... 17

Lista de tabelas

Tabela 1 – Coordenadas geográficas de todas as espécies, obtidas em banco de dados *online* e literatura após limpeza..... 09

Tabela 2 – Valores individuais de Jaccard dos modelos gerados para cada espécie, tamanho do presente, tamanho do futuro e a porcentagem de mudança do tamanho dos ranges de distribuição nos cenários presente e futuro..... 11

Lista de abreviaturas e siglas

AOGCMs - Modelos de Circulação Global Atmosfera-Oceano

ArcGIS- software de informações geográficas

MXS - Entropia Máxima simples

PCA – Análise de Componentes Principais

Sumário

1. Introdução	Erro! Indicador não definido.
2. Materiais e Métodos.....	Erro! Indicador não definido.
2.1. Bancos de dados de ocorrências	Erro! Indicador não definido.
2.2. Modelagem de distribuição pontencial atual e futura	5
2.3. Análises de nicho bioclimáticas.....	8
3. Resultados.....	9
4. Discussão.....	18
5. Conclusão.....	20
6. Referências	20

O potencial efeito das mudanças climáticas sobre a competição de moluscos nativos e exóticos na América do Sul

Resumo

Atualmente, observa-se uma intensa perda da biodiversidade em todo mundo, acarretando sérios problemas a Humanidade. Vários são os fatores que contribuem para a perda de biodiversidade, como a perda e a fragmentação de habitats e as mudanças climáticas globais. As mudanças climáticas são responsáveis por várias alterações em características abióticas dos ambientes que vêm a causar vários problemas ecológicos, como favorecendo a invasão de espécies exóticas. A invasão por espécies exóticas pode causar inúmeros prejuízos a economia do local, como perdas de cultivos, a própria silvicultura e até mesmo danos em pastos. Com as disponibilidades atuais de ocorrências das espécies e os dados climatológicos, os modelos de distribuição de espécies começaram a serem utilizados para testar processos em macroecologia, como a evolução de nicho em eventos de invasão em cenários de mudanças climáticas. Com os modelos de distribuição foi possível correlacionar as ocorrências das espécies com informações climáticas para criar um espaço ambiental multivariado. Dentre as centenas de espécies invasoras, uma espécie que se destaca é o caracol gigante africano, *Achatina fulica*. Já em nossa fauna Brasileira temos um dos grupos mais distintos da região, os endêmicos caracóis gigantes do gênero *Megalobulimus*. Neste contexto, neste trabalho objetiva-se avaliar os potenciais efeitos de *A. fulica* sobre espécies nativas de moluscos do gênero *Megalobulimus*, numa perspectiva de potencial competição ecológica entre tais espécies em escalas macroecológicas. Além disso, neste trabalho pretende-se avaliar o potencial efeito da invasão biológica de *A. fulica* sobre as espécies nativas em um contexto de mudanças climáticas futuras. Coordenadas geográficas que indicam a ocorrência das espécies foram obtidas em bases de dados on-line e na literatura. Logo depois elas foram tratadas com a finalidade de manter a confiabilidade dos modelos. Foram consideradas 19 variáveis climáticas provenientes do *WorldClim*. Os procedimentos foram realizados no software R e os modelos foram testados com partições de 70% para treino e 30% para teste. Realizamos o teste t para amostras dependentes, com intuito de observar a sobreposição das espécies nativas para com *A. fulica* nos cenários presente e no futuro e foi usado a métrica D para medir a sobreposição de nicho. Foram obtidos um total de 2.725 pontos de ocorrência, sendo 2.493 da espécie exótica invasora *A. fulica* e 232 das 10 espécies nativas do gênero *Megalobulimus*. A média do valor de Jaccard de todas as espécies foi 0,72 considerado bom, indicando que os modelos gerados são confiáveis. Vimos que as populações da espécie exótica invasora ocupam áreas com condições que também são ocupadas por espécies nativas. Para o futuro é possível que haja uma pequena diminuição nas áreas de adequabilidades para espécie *A. fulica*.

Palavras chave: *Achatina fulica*, Invasões biológicas, *Megalobulimus*, Modelagem, Mudanças climáticas, Perda de biodiversidade.

The potential effect of climate change on competition between native and exotic molluscs in South America

Abstract

Currently, there is an intense loss of biodiversity all over the world, causing serious problems to Humanity. There are several factors that contribute to the loss of biodiversity, such as the loss and fragmentation of habitats and global climate change. Climate change is responsible for several changes in abiotic characteristics of environments that cause several ecological problems, such as favoring the invasion of exotic species. Invasion by exotic species can cause numerous damages to the local economy, such as crop losses, forestry itself and even damage to pastures. With the current availability of species occurrences and climatological data, species distribution models began to be used to test processes in macroecology, such as niche evolution in invasion events in climate change scenarios. With the distribution models, it was possible to correlate species occurrences with climatic information to create a multivariate environmental space. Among the hundreds of invasive species, one species that stands out is the giant African snail, *Achatina fulica*. In our Brazilian fauna we have one of the most distinct groups in the region, the endemic giant snails of the genus *Megalobulimus*. In this context, this work aims to evaluate the potential effects of *A. fulica* on native species of molluscs of the genus *Megalobulimus*, in a perspective of potential ecological competition between such species on macroecological scales. Furthermore, this work intends to evaluate the potential effect of the biological invasion of *A. fulica* on native species in a context of future climate change. Geographic coordinates that indicate the occurrence of the species were obtained in online databases and in the literature. Soon after, they were treated in order to maintain the reliability of the models. Nineteen climatic variables from WordClim were considered. The procedures were performed in the R software and the models were tested with partitions of 70% for training and 30% for testing. We performed the t test for dependent samples, in order to observe the overlap of native species with *A. fulica* in the present and future scenarios and the D metric was used to measure the niche overlap. A total of 2,725 occurrence points were obtained, being 2,493 of the invasive exotic species *A. fulica* and 232 of the 10 native species of the genus *Megalobulimus*. The average of the Jaccard value of all species was 0.72 considered good, indicating that the generated models are reliable. We have seen that populations of the invasive alien species occupy areas with conditions that are also occupied by native species. For the future, it is possible that there will be a small decrease in the areas of suitability for the species *A. fulica*.

Keywords: *Achatina fulica*, Biological invasions, *Megalobulimus*, Modeling, Climate changes, Biodiversity loss.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, observa-se uma intensa perda da biodiversidade em todo mundo, acarretando sérios problemas a Humanidade (CODE, 2013; STEHMANN et.al., 2017). Vários são os fatores que contribuem para a perda de biodiversidade, como a perda e a fragmentação de habitats, mudanças climáticas globais, invasão de espécies exóticas e a deposição de substâncias nitrogenadas em ambientes aquáticos. Estas ações antrópicas conjuntamente com outros processos têm aumentado significativamente e desafiado a conservação das espécies e dos recursos naturais globalmente (LAURANCE et al. 2014; TYLIANAKIS et al. 2008).

Segundo o Diagnóstico Regional das Américas sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos da IPBES (*Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*), se o cenário atual não se alterar, em 2050, as mudanças climáticas se tornarão o principal vetor de pressão impactando negativamente a biodiversidade nas Américas (PIRES et.al., 2018). As mudanças climáticas são responsáveis por várias alterações em características abióticas dos ambientes que vêm a causar vários problemas ecológicos, como a redistribuição de espécies no globo terrestre, escassez de água potável e até mesmo o aumento das inundações (PRIMAVESI et.al., 2007; PIRES et.al., 2018). Outro problema importante refere-se às invasões biológicas, que vêm crescendo bastante ao redor do mundo (STEHMANN et.al., 2017; OLIVEIRA, 2018). A invasão é prejudicial porque implica diretamente na perda de biodiversidade de espécies, pode-se destacar o aumento da competição e predação, causando assim, a diminuição de espécies nativas ou até mesmo a extinção delas (ZANIN, 2009; LACERDA, 2013).

Atualmente, a invasão de espécies exóticas é considerada como o segundo maior causador da perda da biodiversidade, acarretando significativos danos a biodiversidade (MARIZ, 2018). Ao invadirem um determinado ambiente, as espécies exóticas podem

26 causar alterações em diversas dinâmicas de fluxo de matéria e energia dos ecossistemas
27 dos novos locais de ocupação, tornando possível um cenário de supressão de espécies
28 nativas (OLIVEIRA, 2010). A invasão por espécies exóticas pode causar inúmeros
29 prejuízos a economia do local, como perdas de cultivos, a própria silvicultura e até mesmo
30 danos em pastos (PIMENTEL et al., 2000; ADELINO et al., 2021). Esses prejuízos
31 econômicos podem chegar a bilhões de dólares, devido a expansão dos danos e falta de
32 controle dos custos (PIMENTEL et al., 2005). Prejudicial para a biodiversidade nativa,
33 uma vez que provoca a expulsão de espécies por ocupação de espaço, reduz o volume de
34 água contida no solo, e ainda, provoca alteração do hábitat, competição, mudanças
35 ecossistêmicas e conseqüentemente redução da biodiversidade natural (LEÃO et al.,
36 2011).

37 Com as disponibilidades atuais de ocorrências das espécies e os dados
38 climatológicos, os modelos de distribuição de espécies começaram a serem utilizados
39 para testar processos em macroecologia, como a evolução de nicho em evento de invasão
40 (BROENNIMANN et.al., 2012; GUIBAN, 2005). Com esses dados, também há a
41 possibilidade de se utilizar modelos de distribuição de espécies para confirmar hipóteses
42 de distribuição potencial das mesmas, em diferentes cenários ou perspectivas
43 conservacionistas ou de prevenção a invasões (ELITH & LEATHWICK, 2009).
44 Diferentes modelos de distribuição de espécies diferem em como eles pensam e enfatizam
45 as variáveis climáticas usadas para modelar a distribuição das espécies, isso pode ser um
46 risco, pois pode causar a eliminação de importantes determinantes da distribuição do
47 organismo alvo (BROENNIMANN et al. 2012). As projeções geográficas geradas pelos
48 modelos de distribuições de espécies podem variar (ARAÚJO & GUIBAN, 2006;
49 BROENNIMANN et al. 2012).

50 Com os modelos de distribuição é possível correlacionar as ocorrências das
51 espécies com informações climáticas para criar um espaço ambiental multivariado. A
52 partir deste processo, é possível indicar áreas com características climáticas semelhantes
53 àquelas encontradas com ocorrências conhecidas das espécies-alvo. Com isso, é possível
54 projetar condições ambientais em regiões onde a espécie não é conhecida e permitem
55 identificar locais adequados para invasão (ARAÚJO & GUIBAN, 2006; ELITH &
56 LEATHWICK, 2009). A preocupação recente com os efeitos da mudança na distribuição
57 de espécies, nos mostra a necessidade de quantificar as diferenças entre as espécies em
58 seu ambiente e em extensão comparável a das áreas de distribuição das espécies
59 (BROENNIMANN et al. 2012). Com isso, os aspectos de nicho nos mostram questões
60 sobre semelhanças e diferenças nas condições ambientais associados com a distribuição
61 geográfica das espécies e como elas mudam ao longo do tempo (DEVICTOR et.al., 2010).
62 O nicho ambiental serve como base para avaliar as semelhanças e diferenças ecológicas
63 e biogeográficas entre espécies (BROENNIMANN et al. 2012).

64 Dentre as centenas de espécies invasoras, uma espécie que se destaca é o caracol
65 gigante africano, *Achatina fulica* (Bowdich, 1822). Esta espécie é nativa do leste da
66 África (BEQUAERT, 1950) e foi introduzida na América do Sul em 1983, com a
67 finalidade de ser um substituto do *escargot* tradicional, *Cornu aspersum* (Müller, 1774)
68 (TELES et.al., 1997). Desde então, a espécie teve uma rápida expansão na região
69 (SILVANA et al., 2007), com registro em quase todos os países sulamericanos, desde o
70 Norte da Argentina até a Colômbia, com potencial para ainda se introduzir no Uruguai e
71 no norte do Chile (VOGLER et al., 2013). É também uma espécie com dieta generalista
72 (ALBURQUERQUE et al., 2008) que pode desovar ninhadas com até 400 ovos, com uma
73 produção anual média de 1200 ovos (RAULT & BAKER, 2002).

74 A América do Sul é uma área com diversas espécies de caracóis com distribuições
75 endêmicas (SIMONE, 2006). Dentre um dos grupos mais distintos da região estão os
76 endêmicos caracóis gigantes do gênero *Megalobulimus* Miller, 1878. Possuem pouco
77 mais de 80 espécies descritas (BEQUAERT, 1948; SIMONE, 2006; BORDA &
78 RAMIREZ, 2013), sendo um dos gêneros com maior número de espécies no continente.
79 Em geral, as espécies são noturnas, se enterram no solo durante dia ou em períodos de
80 hibernação e estivação (BEQUAERT, 1948, MIRANDA et al., 2020). As espécies deste
81 gênero são em geral bastante sazonais (MIRANDA & FONTENELLE, 2015), ocorrendo
82 geralmente em baixas densidades populacionais (MIRANDA et al., 2015) e pequenas
83 ninhadas. Em geral, até quatro ovos podem ser produzidos por ninhada, com uma
84 produção anual média de até nove ovos (FONTENELLE & MIRANDA, 2017). Essas
85 espécies são de grande preocupação para conservação pois muitas podem ser
86 consideradas ameaçadas de extinção (DOS SANTOS et al., 2013).

87 Neste contexto, neste trabalho objetiva-se avaliar os potenciais efeitos de *A. fulica*
88 sobre espécies nativas de moluscos do gênero *Megalobulimus*, numa perspectiva de
89 potencial competição ecológica entre tais espécies em escalas macroecológicas. Além
90 disso, neste trabalho pretende-se avaliar o potencial efeito da invasão biológica de *A.*
91 *fulica* sobre as espécies nativas em um contexto de mudanças climáticas futuras.
92 Especificamente, neste trabalho produzimos a distribuição atual e futura das espécies
93 nativas e *A. Fulica*. Nós também fizemos o uso de análises de nicho ecológico climático
94 para comparar a porção de nicho ocupada por cada espécie em comparação com *A. fulica*.
95 O principal intuito deste estudo era compreender os efeitos desta espécie invasora sobre
96 as espécies nativas em diferentes cenários climáticos. Para tanto, além de *A. fulica*,
97 consideramos neste trabalho 10 espécies nativas do gênero *Megalobulimus* (*M. dryades*,

98 *M. elongatus*, *M. granulatus*, *M. haemastomus*, *M. intertextos*, *M. lorentzianus*, *M.*
99 *musculus*, *M. paranaguensis*, *M. yporanganus* e *M. sanctipauli*).

100

101 2. MATERIAL E MÉTODOS

102 2.1. Bancos de dados de ocorrências

103 Os prontos de ocorrências das espécies nativas foram obtidos somente na literatura
104 e os pontos de ocorrências de *A. fulica* foram obtidos através de bancos de dados *online*
105 e literatura. Especificamente, para *A. fulica* foram utilizados os seguintes bancos de
106 dados: *Species Link* (<https://splink.cria.org.br/>), Portal da Biodiversidade Re flora
107 (<https://portaldabiodiversidade.icmbio.gov.br/portal/>), GBIF (<https://www.gbif.org>) e
108 iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/>). A busca pela literatura foi feita pela coleção
109 principal do *Web of Science* (www.webofknowledge.com). Para as 10 espécies do gênero
110 *Megalobulimus* (*M. dryades*, *M. elongatus*, *M. granulatus*, *M. haemastomus*, *M.*
111 *intertextos*, *M. lorentzianus*, *M. musculus*, *M. paranaguensis*, *M. yporanganus* e *M.*
112 *sanctipauli*) as ocorrências foram retiradas apenas da literatura e validadas por
113 especialistas, uma vez que para este grupo de espécies, as bases de dados *online*
114 costumam ter identificação pouco confiáveis.

115 Foi criada e organizada uma planilha contendo as informações das coordenadas
116 geográficas (latitude e longitude) e nome da espécie. Algumas coordenadas obtidas em
117 geodésia foram convertidas para graus decimais para serem usadas. Após a criação da
118 planilha, foi realizado uma limpeza das ocorrências para serem utilizadas na confecção
119 dos modelos. Foram excluídas ocorrências repetidas, ocorrências com informação
120 geográfica faltante e aquelas que estavam em distância entre si menor que 4 km (resolução
121 utilizada neste trabalho).

122 2.2. *Modelagem de distribuição potencial atual e futura*

123 Para a criação dos modelos, foram utilizadas as 19 variáveis disponíveis no
124 *Worldclim*, levando em conta uma resolução de 4 km para o tamanho da América do Sul.
125 Logo após, foi necessário padronizar as variáveis para terem suas variâncias iguais a |1| e
126 sua média igual a zero. Em seguida, fizemos uma análise de componentes principais
127 (PCA) com intuito de produzir os componentes principais ortogonais (PCs) para ser usado
128 como as novas variáveis ambientais. Os coeficientes lineares obtidos a partir do cenário
129 presente, foram projetados para cada um dos cenários climáticos futuros. O PCA foi
130 executado para os cenários do futuro, mais especificadamente para o ano de 2060. Depois
131 que fizemos o PCA, geramos os PCs, que foram responsáveis por 95% da variação
132 climática bruta. Para as variáveis do futuro, projetamos os coeficientes lineares da PCA
133 no cenário futuro (para gerar dependência entre cenários), logo depois, geramos outros
134 PCs para serem utilizados para prever o futuro. Consideramos também as mesmas 19
135 variáveis bioclimáticas disponíveis para um dos modelos climáticos futuros disponíveis
136 no *Wordclim* (<https://www.worldclim.org/>), BCC-CSM2-MR com o *shared*
137 *socioeconomic pathway* 126 (*ssp126*) no ano de 2040-2060.

138 Foi usado uma partição espacialmente estruturada de todas as ocorrências, com
139 intuito de prever sua distribuição. A extensão foi feita de forma quadriculada
140 (*checkerboard*), com um fator de agregação de dois. Nesse processo de partição, todas as
141 ocorrências foram divididas em dois subconjuntos de dados presentes no espaço,
142 semelhante a uma mesa de xadrez (SILVA et.al., 2019).

143 Antes de confeccionarmos os modelos obtivemos uma *shapefile* de ecorregiões
144 no site do World Wildlife Fund (<https://www.worldwildlife.org/biomes>). Restringimos

145 nossos modelos às ecorregiões da América do Sul onde ocorrências conhecidas da espécie
146 foram previamente registradas. Pois os mapas finais serão ainda filtrados para manchas
147 com ocorrências previamente previstas como presenças, pelo método de restrição baseado
148 em ocorrências - *Occurrence based restriction*, (MENDES et al., 2020).

149 Dentre todos os métodos de modelagem existentes, foi utilizado apenas o método
150 de *entropia máxima*, apenas com os recursos automáticos *linear* e *quadratic* ativados e o
151 restante das configurações padrão (MXS; PHILLIPS; ANDERSON; SCHAPIRE, 2006).
152 Tal limitação se deve ao fato de que para a grande maioria das espécies de *Megabulimus*
153 havia uma quantidade mínima de ocorrências, o que impossibilitava a utilização de outros
154 métodos de modelagem que não MXS. Apesar disso, o método MXS tem relativa robustez
155 em relação à espécies com baixa quantidade de ocorrências (HERNANDEZ et.al., 2006;
156 PHILLIPS & DUDIK, 2008). Consideramos o limiar ROC para cortar a adequabilidade
157 das espécies em áreas no espaço geográfico de maneira a equilibrar erros de comissão e
158 omissão. Esse processo foi realizado para avaliar a quantidade de proporção prevista de
159 área de distribuição das espécies (SILVA et.al., 2019).

160 Como forma de avaliarmos os nossos modelos, utilizamos o índice de similaridade
161 de Jaccard, usando como base os modelos produzidos com os dados observados (LEROY
162 et al.,2018). Esse índice possui seus valores variando de zero a um, sendo o valor 1 as
163 previsões perfeitamente observadas, sem nenhum falso positivo ou falso negativo. Já o
164 valor 0, nos mostra que nenhuma das previsões correspondeu a qualquer observação
165 (LEROY et al., 2018). Quanto maior o número de falsos positivos e falsos negativos em
166 relação aos números verdadeiros, menor será o valor de similaridade. Essa abordagem
167 utilizada contribui para que os resultados da pesquisa sejam confiáveis, havendo assim,
168 uma redução de erros de omissão ou sobreprevisão, maximizando a capacidade dos

169 modelos de prever novas áreas de adequabilidade sem criar extrapolações que fujam
170 arbitrariamente da realidade (LEROY et al., 2018). Incertezas do modelo é comum e é
171 caudadas pelos diferentes algoritmos que ajustam os modelos. Com esse intuito, criamos
172 um modelo de *ensemble* de diferentes algoritmos. Nossos modelos finais de cada
173 algoritmo foram concatenados em um único modelo em cada cenário, usando um método
174 de conjunto de argumentos chamado de ensemble ponderado.

175 Foram feitos testes t para amostras dependentes, com intuito de observar a
176 sobreposição das espécies nativas para com *A. fulica* nos cenários presente e no futuro.
177 Também se avaliou se houve aumento no tamanho das distribuições geográficas das
178 espécies em ambos os cenários. O *script* proposto no pacote ENMTML foi utilizado para
179 rodar e confeccionar os modelos (ANDRADE; VELAZCO; DE MARCO JÚNIOR,
180 2020), modelos esses rodados no ambiente R versão 3.6.6. Calculamos as áreas estáveis
181 para todas as espécies sobrepondo as suas predições do presente e do futuro. A riqueza
182 das espécies foi outro atributo que calculamos em diferentes cenários ao somar as
183 predições de cada espécie em cada cenário.

184 **2.3. Análises de nicho bioclimáticas**

185 Usamos os métodos de BROENNIMANN et.al., (2012) para avaliarmos o nicho
186 ambiental das espécies. Foi escolhida a abordagem PCA-env, com intuito de considerar
187 todas as áreas ocupadas pelas espécies. A princípio, este método considera a densidade
188 de ocorrências das espécies, usando a função de densidade para possíveis vieses de
189 amostragem. Em um segundo momento, o ambiente variável foi considerado disponível
190 pelas taxas de dispersão anuais das espécies. Com isso, o método transforma as variáveis
191 ambientais em novas principais ortogonais (independentes), permitindo assim, a

192 comparação entre os espaços ambientais disponíveis para as espécies nas diferentes
193 regiões biogeográficas que ocupam. Comparamos as condições ambientais disponíveis
194 para as espécies nativas dentro do ambiente da espécie exótica invasora. Com essas
195 comparações calculamos pontuações de sobreposição de nicho, que varia de 0
196 (dissimilaridade completa entre os nichos ambientais comparados) a 1 (completo
197 sobreposição).

198 Foi usado a métrica D (SCHOENER, 1970) para medir a sobreposição de nicho.
199 Atualmente existem diferentes métricas para medir a sobreposição de nicho, só que
200 escolhemos a métrica D, pois ela é a mais fácil de interpretar. Essa métrica indica uma
201 correspondência geral entre dois nichos ao longo do todo o espaço climático, e também
202 determina se podemos inferir a característica de nicho de uma espécie. Uma variedade de
203 abordagens e métricas foram usadas para medir a sobreposição de nicho. Esses métodos
204 acabam relatando o período em que a competição era amplamente considerada como o
205 principal mecanismo, estruturando assim as comunidades ecológicas e medidas de
206 sobreposição de nicho. As mudanças nas condições ambientais podem afetar futuras
207 distribuições de espécies nativas e espécies exóticas invasoras.

208 3. RESULTADOS

209 Foram obtidos um total de 2.725 pontos de ocorrência, sendo 2.493 da espécie
210 exótica invasora *A. fulica* e 232 das 10 espécies nativas do gênero *Megalobulimus* (Tabela
211 1 e Figura 1). As ocorrências das espécies do gênero *Megalobulimus* se limitaram ao
212 litoral brasileiro (estados de Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa
213 Catarina e Rio Grande do Sul). Destaca-se a espécie *M. intertextus* que tem suas
214 ocorrências espalhadas no Centro Oeste brasileiro (nos estados de Goiás, Mato Grosso do

215 Sul e Mato Grosso). Espécies como *M. lorentzianus*, *M. intertextus*, *M. haemastomus*, *M.*
 216 *elongatus* e *M. sanctipauli* possuem ocorrências na Argentina, Paraguai e Uruguai. As
 217 ocorrências da *A. fulica* foram detectadas em todos os estados brasileiros e na Colômbia,
 218 Peru, Equador, Venezuela, Guiana, Suriname e Guiana Francesa (Figura 1).

219 **Tabela 1** – Coordenadas geográficas de todas as espécies, obtidas em banco de dados
 220 *online* e literatura após limpeza.

Espécie	Número de Ocorrências
<i>M. dryades</i>	33
<i>M. elongatus</i>	26
<i>M. granulosis</i>	20
<i>M. haemastomus</i>	18
<i>M. lorentzianus</i>	25
<i>M. musculus</i>	23
<i>M. paranaguensis</i>	28
<i>M. sanctipauli</i>	29
<i>M. yporanganus</i>	17
<i>M. intertextus</i>	13
<i>A. fulica</i>	2493
<i>Total</i>	2725

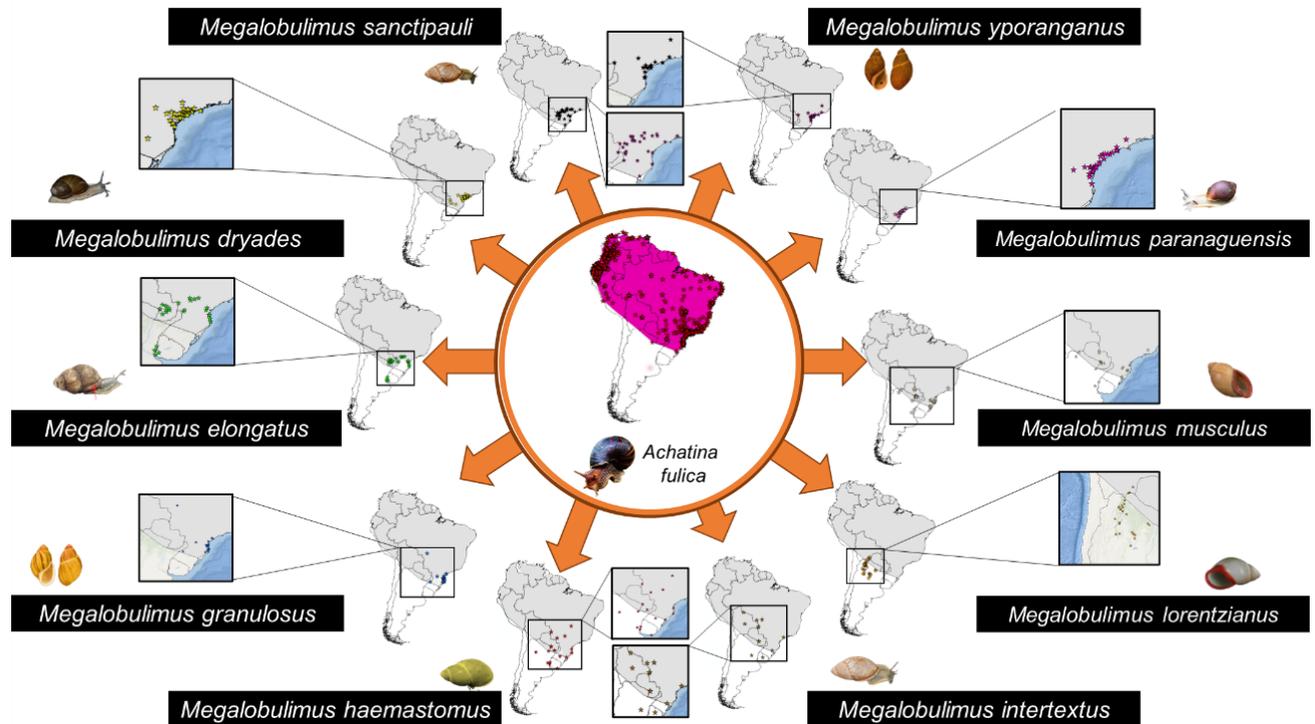
221

222

223

224 Os modelos atingiram valores de Jaccard de $0,72 \pm 0,14$ (média \pm desvio padrão),
 225 indicando resultados aceitáveis dos modelos. Considerando-se os valores de Jaccard de
 226 para cada espécie, os modelos de *A. fulica* obtiveram um resultado de 0.75. Já as espécies
 227 nativas tiveram um valor diferente, sendo eles 0.80 para *M. sanctipauli*, 0.74 para *M.*
 228 *dryades*, 0.44 para *M. elongatus*, 0.88 para *M. granulosis*, 0.66 para *M. haemastomus*,
 229 0.75 para *M. lorentzianus*, 0.48 para *M. musculus*, 0.72 para *M. paranaguensis*, 0.81 para
 230 *M. yporanganus* e 0.93 para *M. intertextus*. De modo geral, não houve diferença entre o
 231 tamanho das distribuições das espécies no presente e no futuro ($t = 0.489$; g.l. = 10; $p =$

232 0.635) e na quantidade de distribuição sobreposta das espécies nativas e *A. fulica* no
 233 presente e no futuro não foi diferente ($t = 1.932$; g.l. = 9; $p = 0.085$).



234 **Figura 1** – Mapas de distribuição espacial das ocorrências das 10 espécies do gênero
 235 *Megalobulimus* e de *A. fulica* na América do Sul. O mínimo polígono convexo cinza de
 236 *A. fulica* encontra-se representado nos mapas das 10 espécies nativas.

237 Na predição do presente, os modelos mostram áreas de maior adequabilidade para
 238 as espécies *M. paranaguensis*, *M. haemastomus*, *M. intertextus* e *M. elongatus*, pois elas
 239 estão presentes em grande parte da América do Sul. Tais espécies tiveram alta
 240 adequabilidade em grande parte do Brasil, Peru, Bolívia, Paraguai, Colômbia, Venezuela,
 241 Uruguai, Guiana, Suriname e Guiana Francesa. Nos países citados acima, apenas a
 242 espécie *M. intertextus* possui alguma adequabilidade no Chile. Os modelos ainda nos
 243 mostram que as espécies *M. dryades*, *M. granulatus*, *M. musculus*, *M. sanctipauli* e *M.*

244 *lorentzianus* possuem uma adequabilidade nos países da parte inferior do continente,
 245 sendo eles: Argentina, Uruguai, Bolívia e Paraguai. Essas cinco espécies ainda se fazem
 246 presentes no Brasil, mas especificadamente nas bordas dos estados do Rio grande do Sul
 247 e Mato Grosso do Sul. A espécie *M. yporanganus* está presente na borda do Paraguai e
 248 na Argentina, estando presente também no litoral de São Paulo e Rio de Janeiro (Figura
 249 2).

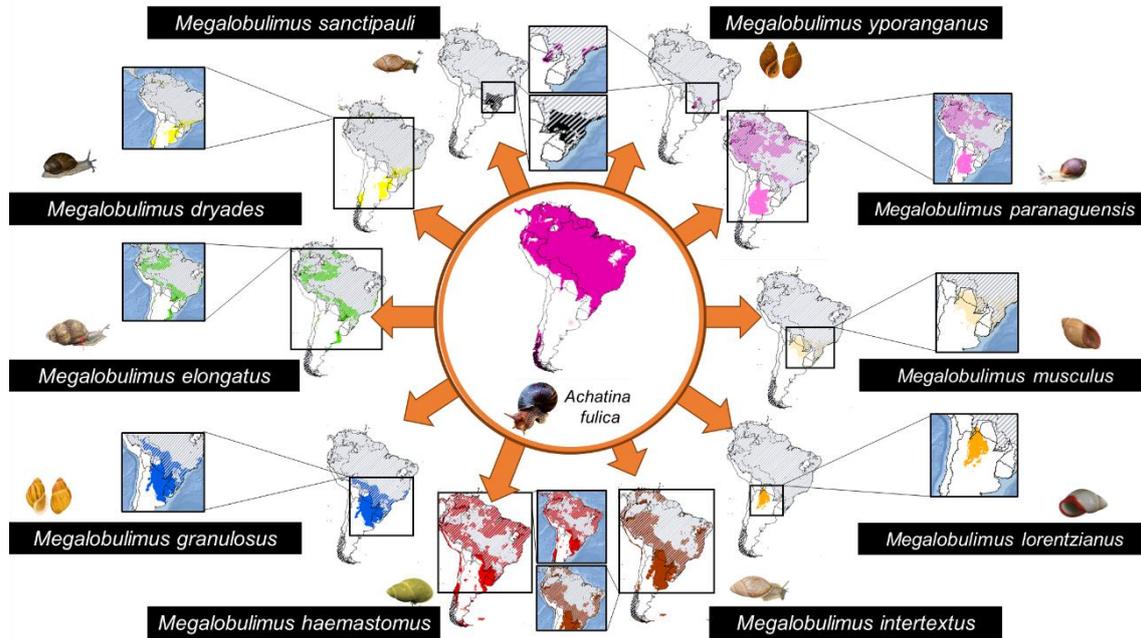
250 **Tabela 2** – Valores individuais de Jaccard dos modelos gerados para cada espécie,
 251 tamanho do presente, tamanho do futuro e a porcentagem de mudança do tamanho dos
 252 ranges de distribuição nos cenários presente e futuro.

Espécie	Jaccard	Tamanho presente (qtde. células)	Tamanho futuro (qtde. células)	Porcentagem mudança
<i>M. dryades</i>	0.741	17904	15599	-12,874
<i>M. elongatus</i>	0.444	36317	47879	+31,836
<i>M. granulatus</i>	0.881	36579	41984	+14,776
<i>M. haemastomus</i>	0.666	114933	104166	-9,368
<i>M. lorentzianus</i>	0.757	5407	7983	+47,641
<i>M. musculus</i>	0.483	17804	18597	+4,454
<i>M. paranaguensis</i>	0.729	85605	78483	-8,319
<i>M. sanctipauli</i>	0.805	7986	6394	-19,934
<i>M. yporanganus</i>	0.818	2444	1924	-21,276
<i>M. intertextus</i>	0.933	99410	96305	-3,123
<i>A. fulica</i>	0.755	156294	151516	-3,057

253

254 No futuro, não houve diferença significativa nas adequabilidades das espécies,
 255 sendo que uma ou outra teve sua distribuição aumentada ou diminuída (Figura 3). É
 256 possível notar que para a espécie *M. yporanganus* a adequabilidade é praticamente nula.
 257 A *A. fulica* teve pouquíssima diminuição em sua adequabilidade. Do presente para o
 258 futuro, as espécies *M. elongatus*, *M. granulatus*, *M. lorentzianus* e *M. musculus*
 259 aumentaram sua distribuição, enquanto *M. dryades*, *M. haemastomus*, *M. paranaguensis*,

260 *M. sanctipauli*, *M. yporanganus* e *M. intertextus* tiveram diminuição do tamanho das
 261 áreas adequadas.

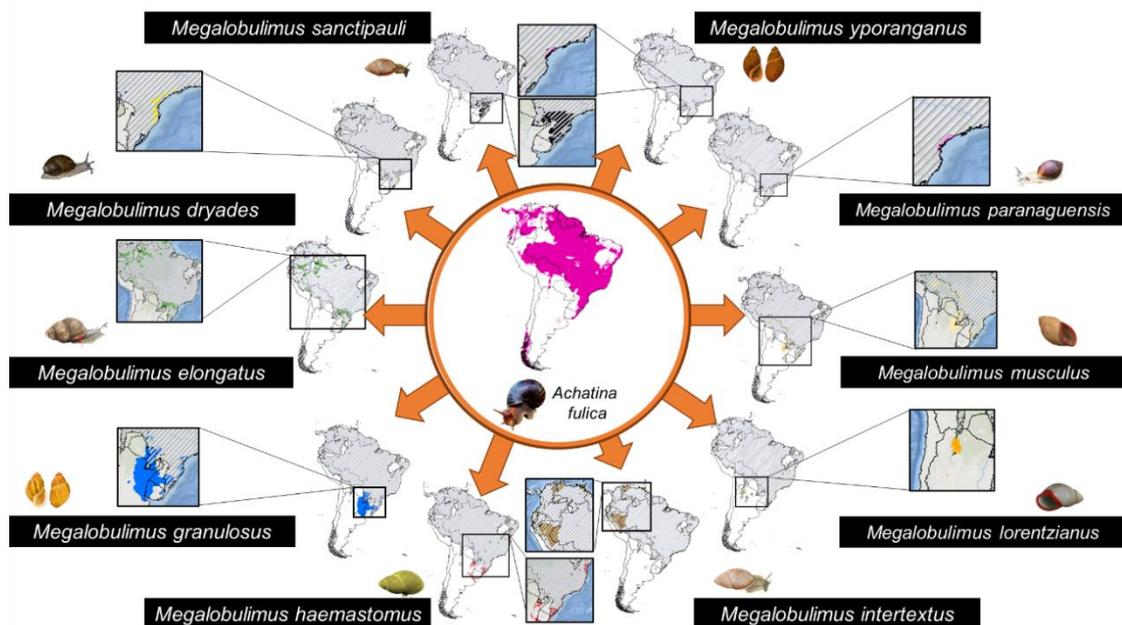


262

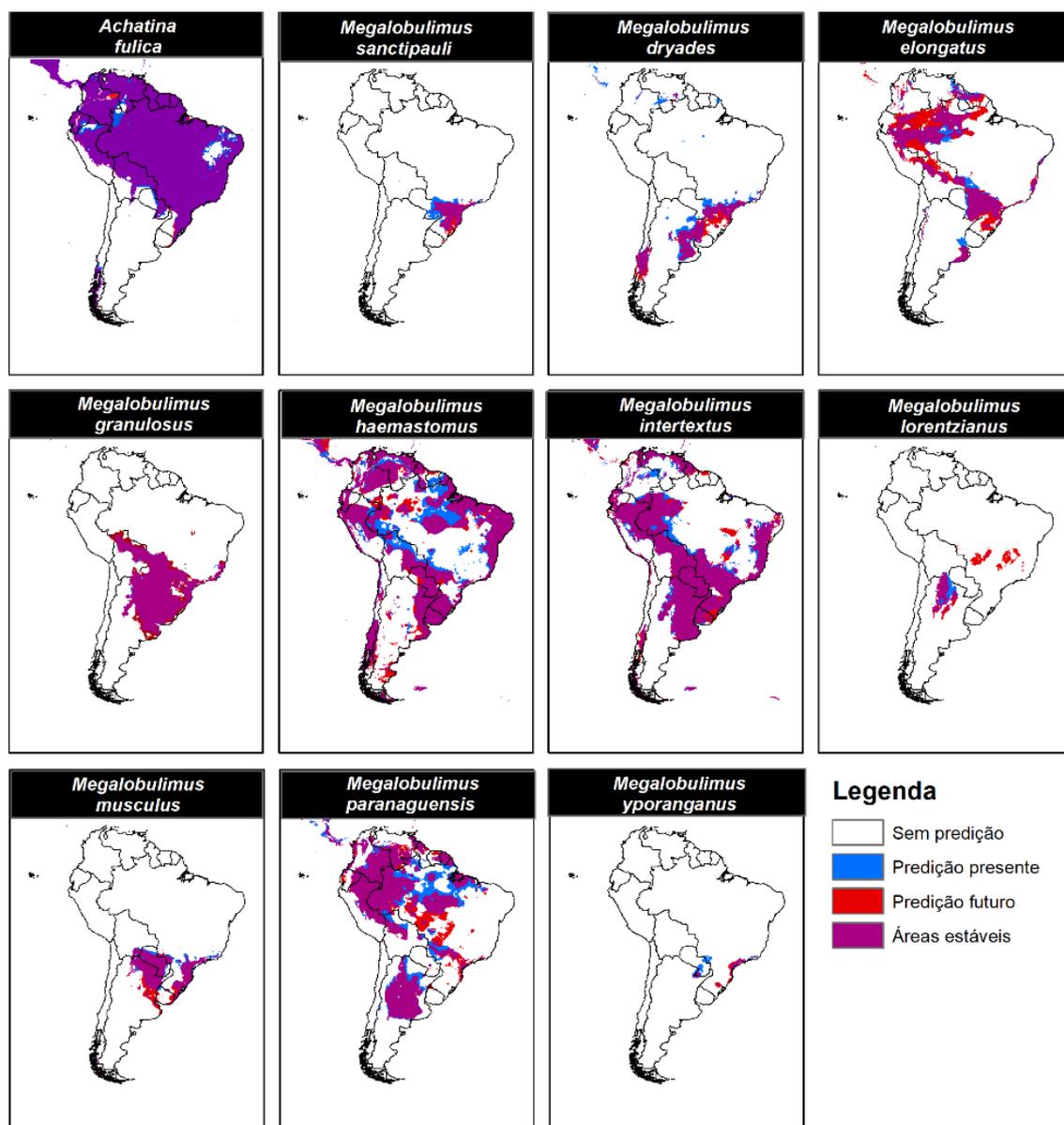
263 **Figura 2.** Mapas de distribuição potencial no cenário presente para 10 espécies nativas e
 264 *A. fulica*. O mínimo polígono convexo cinza de *A. fulica* encontra-se representado nos
 265 mapas das 10 espécies nativas. As espécies *M. sanctipauli* (preta), *M. dryades* (amarela),
 266 *M. elongatus* (verde), *M. granulatus* (azul), *M. haemastomus* (vermelho), *M. intertextus*
 267 (marrom), *M. lorentzianus* (laranja), *M. musculus* (bege), *M. paranaguensis* (rosa) e *M.*
 268 *yporanganus* (roxo) também estão representadas.

269 Segundo a sobreposição dos modelos de distribuição (Figura 4), as áreas estáveis
 270 foram as que ocorreram em maior quantidade. Já as previsões para o presente foram
 271 baixas se comparadas com a ausência de previsão. Já no futuro, essa sobreposição não se
 272 fez tão presente em todas as espécies. Podemos notar que a espécie *A. fulica* possui
 273 grandes áreas estáveis. As espécies *M. elongatus*, *M. granulatus*, *M. lorentzianus* e *M.*

274 *musculus* possuem extensas áreas de com predição para o futuro, ou seja, essas espécies
 275 tendem se expandirem para outros territórios. Já as espécies *M. dryades*, *M.*
 276 *haemastomus*, *M. paranaguensis*, *M. sanctipauli*, *M. yporanganus* e *M. intertextus*
 277 possuem grandes áreas estáveis.



278 **Figura 3.** Mapas de distribuição potencial no cenário futuro (2060) para 10 espécies
 279 nativas e *A. fulica* a partir de um único cenário Atmosfera-Oceano de emissões de gases
 280 do efeito estufa mais pessimista (BCC-CSM2-MR). O mínimo polígono convexo cinza
 281 de *A. fulica* encontra-se representado nos mapas das 10 espécies nativas. As espécies *M.*
 282 *sanctipauli* (preta), *M. dryades* (amarela), *M. elongatus* (verde), *M. granulatus* (azul), *M.*
 283 *haemastomus* (vermelho), *M. intertextus* (marrom), *M. lorentzianus* (laranja), *M.*
 284 *musculus* (bege), *M. paranaguensis* (rosa) e *M. yporanganus* (roxo) também estão
 285 representadas.

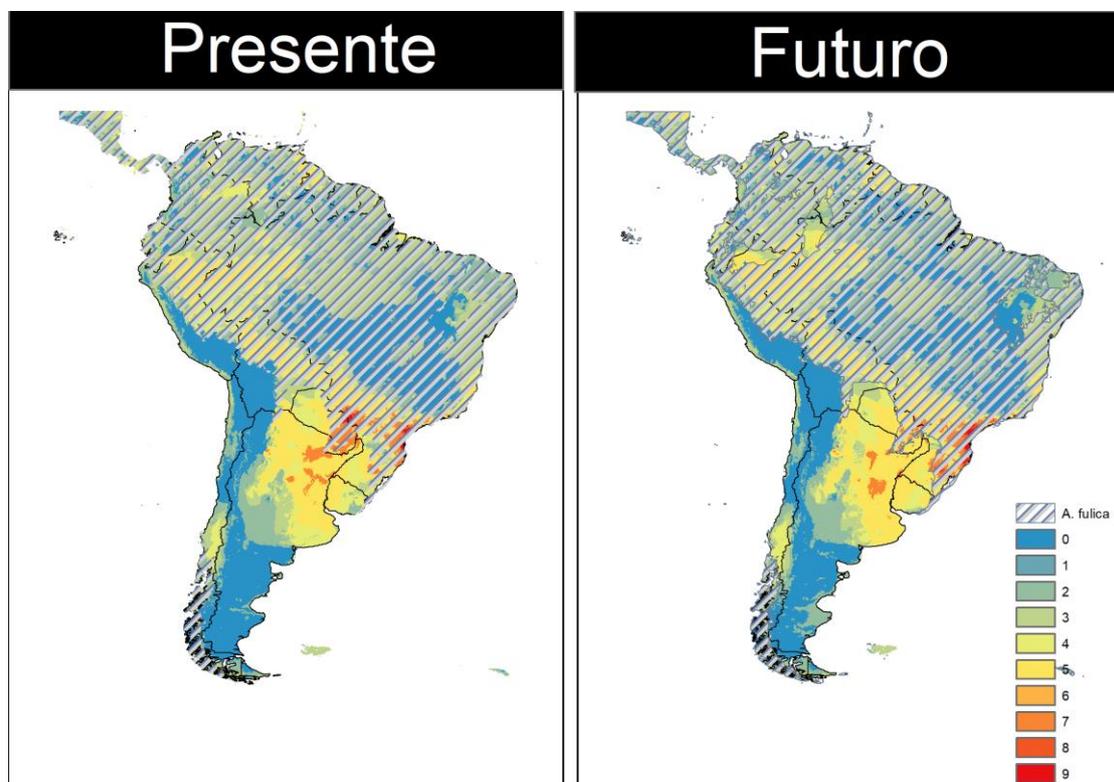


286

287 **Figura 4.** Mapa de sobreposição de distribuição potencial das espécies entre os cenários
 288 presente e futuro, indicando áreas estáveis (roxo), áreas preditas apenas no futuro
 289 (vermelho) e áreas preditas apenas no presente (azul). Áreas em branco correspondem a
 290 áreas inadequadas.

291 A riqueza de espécies modeladas (Figura 5) foi baixa na maioria das áreas,
 292 independente do cenário considerado. Na região do Sul do Brasil, no Paraguai e na
 293 Argentina foram os locais onde houve uma maior sobreposição das espécies. No Sul
 294 brasileiro, foi o local onde mais teve a sobreposição das espécies nativas com a espécie

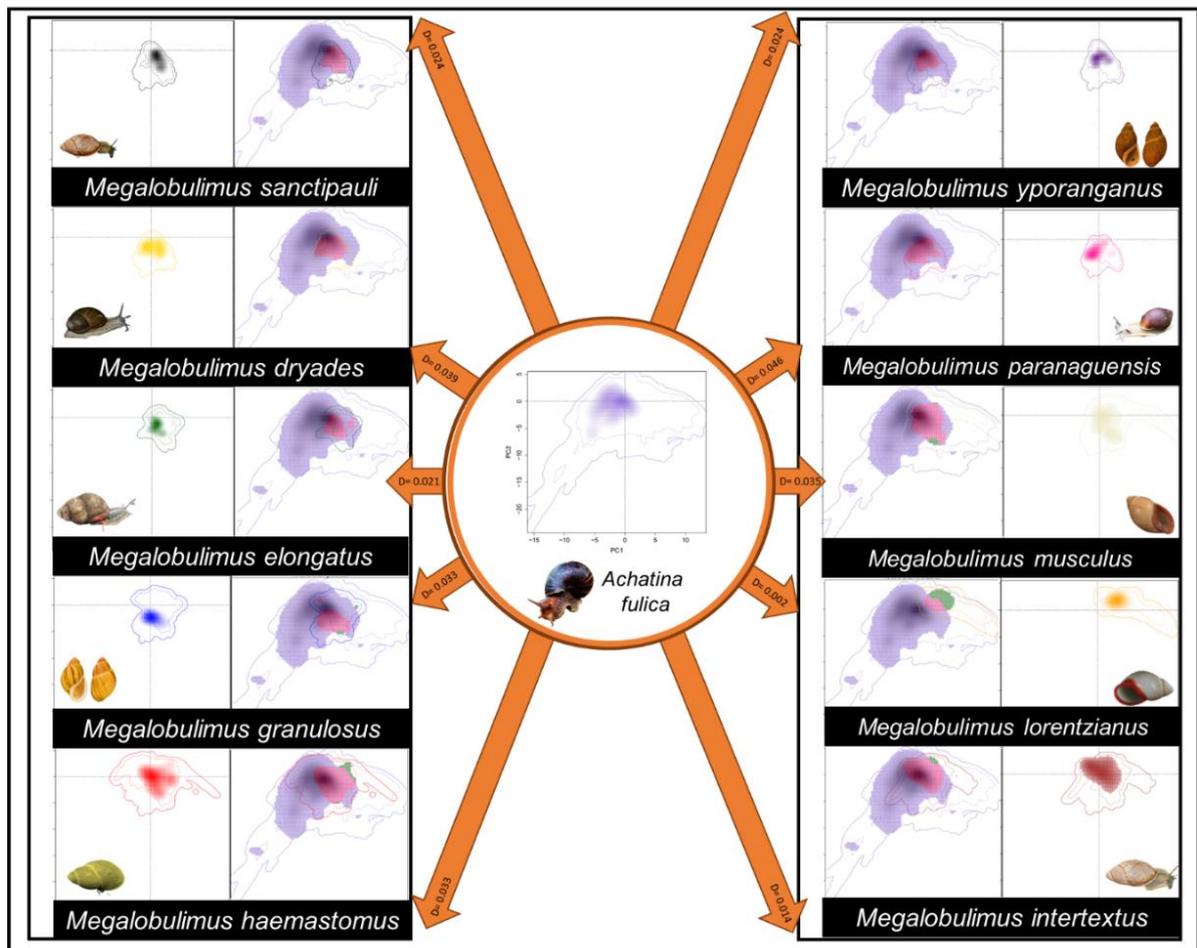
295 *A. fulica*. No presente para o futuro houve uma diminuição das áreas com presença de
 296 espécies.



297 **Figura 5.** Mapa de soma de espécies no presente e no futuro (2060). Locais com baixa
 298 riqueza de espécies analisadas no estudo possuem cores azuis (nenhuma espécie),
 299 enquanto áreas ricas em espécies possuem cores vermelhas. A distribuição potencial de
 300 *A. fulica* nestas áreas está hachurada.

301 Ao observarmos à sobreposição de nicho climático de *A. fulica* com as espécies
 302 nativas, vimos que as populações da espécie exótica invasora ocupam áreas com
 303 condições que também são ocupadas por espécies nativas (Figura 6). A espécie *A. fulica*
 304 ocupa um extenso espaço climático multivariado se comparada com as espécies nativas.
 305 Nossos resultados o nicho da espécie invasora é semelhante ao nicho das espécies nativas,
 306 o nicho invasor tende a ser mais semelhante ao nicho nativo do que aleatório. Obtivemos
 307 os seguintes valores da métrica D entre *A. fulica* e espécies nativas: *M. sanctipauli*

308 (0.024), *M. dryades* (0.039), *M. elongatus* (0.002), *M. granulatus* (0.033), *M.*
 309 *haemastomus* (0.033), *M. intertextus* (0.014), *M. lorentzianus*, *M. musculus* (0.035), *M.*
 310 *paranaguensis* (0.046), *M. yporanganus* (0.024).



311 **Figura 6.** Análise de nicho ambiental utilizados por *A. fulica* e as 10 espécies nativas de
 312 moluscos da América do Sul. A linha sólida e as linhas tracejadas ilustram,
 313 respectivamente, 50% e 100% do clima disponível para cada espécie analisada. As
 314 espécies estão representadas de acordo com as seguintes cores: *A. fulica* (roxo). As faixas
 315 nativas das espécies *M. sanctipauli* (preta), *M. dryades* (amarela), *M. elongatus* (verde),
 316 *M. granulatus* (azul), *M. haemastomus* (vermelho), *M. intertextus* (marrom), *M.*

317 *lorentzianus* (laranja), *M. musculus* (bege), *M. paranaguensis* (rosa) e *M. yporanganus*
318 (roxo) também estão representadas.

319 4. DISCUSSÃO

320 Destaca-se os números de ocorrências da *A. fulica* em com registro em quase todos
321 os países da região, desde o Norte da Argentina até a Colômbia, com potencial para ainda
322 se introduzir no Uruguai e no Norte do Chile (VOGLER et al., 2013). Esse grande número
323 de ocorrência é devido aos seus prejuízos ambientais, econômicos e à saúde
324 humana e animal, sendo relatado como hospedeiro intermediário de nematoides
325 (THIENGO et.al., 2005; CARDOSO, 2017). Na predição para o presente, nossos modelos
326 nos mostram as espécies nativas *M. paranaguensis*, *M. haemastomus*, *M. intertextos* e *M.*
327 *elongatus* com maiores áreas de adequabilidade. Já no futuro, podemos ver que não houve
328 diferença significativa nas adequabilidades das espécies, sendo que uma ou outra teve sua
329 distribuição aumentada ou diminuída. Em nossa análise de sobreposição de nicho
330 observamos que as áreas estáveis foram as que ocorreram em maior quantidade. Ao
331 compararmos todas as 11 espécies estudadas neste trabalho, podemos notar que a riqueza
332 das mesmas foi baixa na maioria das áreas, independente do cenário considerado.

333 A introdução da *A. fulica* na América do Sul foi feita sem nenhum estudo prévio,
334 provocando assim vários danos, como os prejuízos na economia, agricultura e saúde
335 pública (TELES et.al., 1997; PAIVA, 2004). Essa espécie leva consigo esses danos a
336 vários países, como na nos EUA e Austrália que ela foi considerada como praga agrícola
337 (DE OLIVEIRA FRANCO & BRANDOLINI, 2007). A fisiologia dessa espécie é um
338 assunto não muito estudado, porém, segundo VOGLER (2013) nos diz que embora a
339 espécie exiba uma ampla tolerância ambiental, prefere habitats quentes. A espécie vive

340 em uma ampla variedade de temperatura e altitudes, sendo possível viver a mais de 1.500
341 metros de altitude e automaticamente resistindo a temperaturas baixas (FISCHER et.al.,
342 2010). Logo, essa resistência à temperatura pode favorecer a ocupação de diferentes
343 regiões no mundo todo e também favorece a ocorrência em ambientes alterados ou
344 artificiais, conseguimos provar isso com os nossos dados de distribuição da espécie no
345 presente e no futuro. Atualmente existem relatos da espécie em grandes populações tanto
346 em solo ácido quanto básico e com grandes ou pequenas quantidades de cálcio, mostrando
347 com isso, que ela se adapta facilmente aos ambientes (FISCHER et.al., 2010).

348 O grupo de espécies nativas avaliadas é muito sensível a alterações ambientais
349 (como o aumento de temperatura), diferente da espécie exótica invasora *A. fulica* que
350 possui uma resistência grande a alterações ambientais (FISCHER et.al., 2010). As 10
351 espécies nativas estudadas tiveram poucas áreas estáveis se comparadas a espécie exótica.
352 Em nosso estudo podemos notar que existe interação entre as espécies devido aos locais
353 que eles ocorrem. Essa interação entre as espécies nativas e a espécie exótica é devido à
354 baixa densidade ecológica, crescimento lento, reduzida fecundidade e hábitos alimentares
355 especializados das espécies nativas (ESTON et.al., 2006). Logo, é possível concluir que
356 existe uma sobreposição de uma para com a outra. Esse gênero é atualmente, um dos mais
357 diversos na fauna brasileira de moluscos terrestres (PECORA et.al., 2015), tendo uma
358 fisiologia intrigante pela sua forma de adaptação nos ambientes.

359 Vimos nos resultados que as espécies nativas possuem uma adequabilidade bem
360 menor no futuro do que a espécie exótica invasora. Esses dados nos sugerem como o
361 gênero *Megalobulimus* é mais sensível que a *A. fulina* a mudanças ambiental (FISCHER
362 et.al., 2010). Em nossas análises podemos observar riqueza na soma das espécies, essa
363 riqueza de espécies é a soma da quantidade de espécies que existem em um determinado

364 local. Nossos resultados mostraram que à uma baixa quantidade de espécies, pois com as
365 mudanças climáticas a tendência é a sua diminuição.

366 O controle da *A. fulica* é proposto no estudo de PAIVA (2006), onde o mesmo
367 cita que é preciso fazer a catação manual (com luvas descartáveis ou sacos plásticos) da
368 espécie e seus ovos, colocá-los em sacos plásticos e fazer a incineração. Porém, de forma
369 mais lenta, só que mais efetiva, MOLES et al., (2012) defendem a de que as invasões
370 biológicas são melhor contidas pela mudança no regime de perturbação (perturbação
371 crônica), como por exemplo a emissão de gases do efeito estufa. Essa perturbação pode
372 criar novos ambientes propícios à espécie exótica, a partir da formação de microhabitats
373 e da disponibilidade de nicho (PARKER et al. 1993; CARLTON 1996).

374 5. CONCLUSÃO

375 Para o futuro é possível que haja uma pequena diminuição nas áreas de
376 adequabilidades para espécie *A. fulica*. Como o gênero *Megalobulimus* é mais sensível
377 com mudanças ambiental, previmos que haverá uma grande diminuição da
378 adequabilidade para as espécies desse gênero na América do Sul. Essas diminuições são
379 decorrentes das mudanças climáticas, provocadas devido a ações antrópicas. Atualmente
380 não há programas que colaborem com a diminuição das ameaças a biodiversidade, o que
381 podemos fazer é continuarmos fazermos pesquisar como essas, com o intuito de gerar
382 medidas de prevenção, manejo e controle, que favoreçam a conservação e a recuperação
383 ecológica.

384 6. REFERÊNCIAS

385 ADELINO, José Ricardo Pires et al. Os custos econômicos das invasões
386 biológicas no Brasil: uma primeira avaliação. *NeoBiota* , v. 67, p. 349, 2021.

387 ALBUQUERQUE, Maria José Teixeira. Distribuição, comportamento alimentar
388 e estratégias de controle do caramujo terrestre exótico *Achatina fulica* (Gastropoda:
389 Pulmonata) no nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* , v. 68, p. 837-842,
390 2008.

391 ANDRADE, A. F. A.; VELAZCO, S. J. E.; DE MARCO JÚNIOR, P. ENMTML:
392 An R package for a straightforward construction of complex ecological niche models.
393 *Environmental Modelling & Software*, v. 125, p. 104615, 1 mar. 2020.

394 ARAÚJO, M. B.; GUISAN, A. Five (or so) challenges for species distribution
395 modelling. *Journal of Biogeography*, 33(10), 1677–1688, 2006.

396 BEQUAERT, Joseph Charles. Monograph of the Strophocheilidae, a neotropical
397 family of terrestrial mollusks. *Museum of Comparative Zoology*, 1948.

398 BEQUAERT, Joseph C. et al. Studies in the Achatininae, a group of African land
399 snails. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College*, v. 105, n. 1,
400 p. 1-216, 1951.

401 BORDA, Victor; RAMÍREZ, Rina. Recaracterização do Red-lip *Megalobulimus*
402 (Gastropoda: Strophocheilidae) do Peru com descrição de uma nova espécie. *Zoologia*
403 (Curitiba) , v. 30, p. 675-691, 2013.

404 BROENNIMANN, Olivier et al. Medição de sobreposição de nicho ecológico de
405 ocorrência e dados ambientais espaciais. *Ecologia global e biogeografia* , v. 21, n. 4,
406 pág. 481-497, 2012.

407 CARDOSO, Cerize Rodrigues Lima. Ocorrência e Distribuição de *Achatina fulica*
408 e sua Importância como Hospedeiro de Nematoides na Cidade de Palmas, Estado do
409 Tocantins, Brasil. 2017.

410 CARLTON, J. T. Pattern, process, and prediction in marine invasion ecology.
411 *Biological Conservation* v.78, p. 97–106, 1996.

412 CODE, SCIENTIFIC PRINCIPLES OF BRAZILIAN FOREST. Fragmentação
413 florestal retratado como perda da biodiversidade sobre os princípios científicos dos
414 códigos florestais brasileiros. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade* | vol, v. 3, n. 2,
415 p. 67, 2013.

416 DE OLIVEIRA FRANCO, Daniele; BRANDOLINI, Solange Viana Paschoal
417 Blanco. Comportamento reprodutivo de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca,
418 Achatinidae) sob condições experimentais. *Revista Brasileira de Zoociências*, v. 9, n. 1,
419 2007.

420 DEVICTOR, Vincent et al. Definir e medir a especialização ecológica. *Journal of*
421 *Applied Ecology* , v. 47, n. 1, pág. 15-25, 2010.

422 DOS SANTOS, Sônia Barbosa; MIYAHIRA, Igor Christo; MANSUR, Maria
423 Cristina Dreher. Moluscos de água doce e terrestres no Brasil: estado atual do
424 conhecimento e conservação. *Conservação Biológica* , v. 90, p. 21-31, 2013.

425 ELITH, Jane; LEATHWICK, John R. Modelos de distribuição de espécies:
426 explicação ecológica e predição através do espaço e do tempo. *Revisão anual de ecologia,*
427 *evolução e sistemática* , v. 40, p. 677-697, 2009.

428 ESTON, Marilda Rapp de et al. Espécie invasora em unidade de conservação:
429 *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) no Parque Estadual Carlos Botelho Sete Barras, SP,
430 Brasil. *Revista do Instituto Florestal*, v. 18, n. 1, p. 173-179, 2006.

431 FISCHER, Marta Luciane et al. Ecologia de *Achatina fulica*. O caracol gigante
432 africano *Achatina fulica* no Brasil. Curitiba: Editora Champagnat, p. 101-140, 2010.

433 FONTENELLE, José H.; MIRANDA, Marcel S. Aspectos da biologia de
434 *Megalobulimus paranaguensis* (Gastropoda, Acavoidea) na planície costeira do sudeste
435 brasileiro. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 107, 2017

436 GUISAN, Antoine; THUILLER, Wilfried. Prevendo a distribuição das espécies:
437 oferecendo mais do que simples modelos de habitat. *Cartas ecológicas*, v. 8, n. 9,
438 pág. 993-1009, 2005.

439 LACERDA, Ana Carolina Figueiredo et al. Peixes introduzidos e seus
440 parasitos. Embrapa Amapá-Capítulo em livro científico (ALICE), 2013.

441 LAURANCE, W. F.; SAYER, J; CASSMAN, K. G. Agricultural expansion and
442 its impacts on tropical nature. *Trends Ecol Evol* 29:107–116, 2014.

443 LEROY, B. et al. Without quality presence–absence data, discrimination metrics
444 such as TSS can be misleading measures of model performance. *Journal of biogeography*,
445 v. 45, n. 9, p. 1994–2002, 2018.

446 LEÃO, T. C. C.; ALMEIDA, W. R.; DECHOUM, M. S.; ZILLER, S. R. Espécies
447 Exóticas Invasoras no Nordeste do Brasil: Contextualização, Manejo e Políticas Públicas.
448 CEPAN. 99p, 2011.

449 MARIZ, Amanda Freire. Impacto das espécies exóticas invasoras sobre a
450 biodiversidade vegetal: um estudo de caso na Unidade de Conservação Arie “Matinha do
451 Pici”, Fortaleza-CE. 2018.

452 MENDES, P.; VELAZCO, S. J. E.; DE ANDRADE, A. F. A.; DE MARCO, P.
453 Dealing with overprediction in species distribution models: How adding distance
454 constraints can improve model accuracy. *Ecol Modell* 431:109180, 2020.

455 MIRANDA, Marcel S.; FONTENELLE, José H. Dinâmica populacional de
456 *Megalobulimus paranaguensis* (Gastropoda: Pulmonata) na costa sudeste do
457 Brasil. *Zoologia (Curitiba)*, v. 32, p. 463-468, 2015.

458 MIRANDA, Marcel S. et.al., (2020) Activity and reproduction in
459 *Megalobulimus paranaguensis* (Gastropoda, Eupulmonata): implications for conservation
460 in captivity for a South American land snail, *Journal of Natural History*, 54:7-8, 435-443
461

462 MOLES, A. T. et al. Invasions: the trail behind, the path ahead, and a test of a
463 disturbing idea. *Journal of Ecology* 100:116–127, 2012.

464 OLIVEIRA, Felipe Silva. É possível controlar em áreas urbanas a espécie
465 invasora *ricinus communis* l. 2018.

466 OLIVEIRA, Anderson Eduardo Silva de et al. Espécies exóticas invasoras do
467 território nacional: Subsídios para a formulação e a implementação de uma Política
468 Pública no Brasil. 2010.

469 PAIVA, Celso do Lago. *Achatina fulica* (Moluscos): praga agrícola e ameaça à
470 saúde pública no Brasil. Acesso em, v. 25, 2004.

471 PARKER, I. M.; MERTENS, S. K.; SCHEMSKE, D. W. Distribution of 7 native
472 and 2 exotic plants in a tallgrass prairie in southeastern Wisconsin: the importance of
473 human disturbance. *The American Midland Naturalist* 130: 43–55, 1993.

474 PECL, Gretta T. et al. Redistribuição da biodiversidade sob as mudanças
475 climáticas: Impactos nos ecossistemas e no bem-estar humano. *Ciência*, v. 355, n. 6332,
476 2017.

477 PIRES, Aliny PF; SRIVASTAVA, Diane S.; FARJALLA, Vinicius F. A
478 biodiversidade é capaz de amortecer os ecossistemas das mudanças climáticas? O que
479 sabemos e o que não sabemos. *Biociência*, v. 68, n. 4, pág. 273-280, 2018.

480 PIMENTEL, David et al. Custos ambientais e econômicos de espécies não
481 indígenas nos Estados Unidos. *BioScience*, v. 50, n. 1, pág. 53-65, 2000.

482 PIMENTEL, David; ZUNIGA, Rodolfo; MORRISON, Doug. Update on the
483 environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United
484 States. *Ecological economics*, v. 52, n. 3, p. 273-288, 2005.

485 PRIMAVESI, Odo; ARZABE, Cristina; PEDREIRA, M. dos S. Mudanças
486 climáticas: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para
487 ambientes rurais ou urbanos. Embrapa Pecuária Sudeste-Documents (INFOTECA-E),
488 2007.

489 PECORA, Iracy Lea; CORREIA, Lucas Vilas Bôas; MIRANDA, Marcel Sabino.
490 Salvando e aprendendo com *Megalobulimus*: uma análise da evolução do projeto e das
491 pesquisas envolvidas. In: Congresso de extensão universitária da UNESP. Universidade
492 Estadual Paulista (UNESP), 2015. p. 1-6.

493 PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy

494 modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, v. 190, n. 3–4, p.
495 231–259, 2006.

496 RAULT SK, BAKER GM. 2002. *Achatina fulica* Bowdich and other Achatinidae
497 as pests in tropical agriculture. In: Baker GM, editor. *Molluscs as crop pests*. New York:
498 CAB International; p. 55–114.

499 SILVANA, C. T. et al. Rapid spread of an invasive snail in South America: the
500 giant African snail, *Achatina fulica*, in Brazil. *Biol Invasions*, v. 9, p. 693-702, 2007.

501 SILVA, Daniel P. et al. Current and future ranges of an elusive North American
502 insect using species distribution models. *Journal of Insect Conservation*, v. 23, n. 1, p.
503 175-186, 2019.

504 Simone LRL. 2006. *Land and freshwater molluscs of Brazil*. São Paulo (Brazil):
505 EGB, FAPESP.

506 SCHOENER, Thomas W. Sobreposição espacial não síncrona de lagartos em
507 habitats irregulares. *Ecologia*, v. 51, n. 3, pág. 408-418, 1970.

508 STEHMANN, João Renato et al. Biodiversidade no Brasil. Simões, CMO, p. 1-
509 10, 2017.

510 TELES, Santana Horácio Manuel et al. Registro de *Achatina fulica* Bowdich,
511 1822 (Mollusca, Gastropoda) no Brasil: caramujo hospedeiro intermediário da
512 angiostrongilíase. *Revista de Saúde Pública*, v. 31, p. 310-312, 1997.

513 THIENGO, Silvana Carvalho et al. Moluscos exóticos com importância médica
514 no Brasil. Brasília, I Simpósio Brasileiro Sobre Espécies Exóticas Invasoras. Available
515 online at: <http://www.mma.gov.br/invasoras> [Accessed: 20/I/2008], 2005.

516 TYLIANAKIS, Jason M. et al. Mudança global e interações de espécies em
517 ecossistemas terrestres. *Cartas ecológicas*, v. 11, n. 12, pág. 1351-1363, 2008.

518 VOGLER, Roberto E. et al. The giant African snail, *Achatina fulica* (Gastropoda:
519 Achatinidae): Using bioclimatic models to identify South American areas susceptible to
520 invasion. *American Malacological Bulletin*, v. 31, n. 1, p. 39-50, 2013.

521 ZANIN, Roberto. Aspectos da introdução das espécies exóticas: o capim-gordura
522 e a braquiária no Parque Nacional de Brasília. 2009.