Mudanças climáticas e a perspectiva do Lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*): um olhar para a adequabilidade de hábitat futura

João Pedro Santos Duarte[1]; João Henrique Alliprandini da Costa[2]

[1]Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Santa Cecília

[2]Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade de Ambientes Costeiros, UNESP, Câmpus do Litoral Paulista

Resumo

Previsões e modelos acerca de mudanças climáticas, divergem em variados cenários, sendo estes utilizados como ferramentas para a visualização da adequabilidade de habitat no futuro, sobretudo de espécies invasoras. O presente artigo aborda a modelagem da adequabilidade de habitat futura da espécie invasora *Hedychium coronarium* na América do Sul, sob influência de mudanças climáticas. Para modelagem da adequabilidade de habitat, foram utilizados dados do Global Biodiversity Information Facility (GBIF), WordClim e variáveis ambientais do cenário RCP 8.5 do Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas (IPCC), assim sendo gerado um modelo "Ensemble", gerando mapas de adequabilidade para o cenário atual e futuro. Os resultados obtidos sugerem que novas áreas podem ser invadidas por *H. coronarium* futuramente, visto que no modelo futuro, houve um acréscimo de adequabilidade de habitat para as áreas do cenário atual, porém havendo um aumento de novas áreas habitáveis, principalmente na região Amazônica, que pode vir a ser afetada no futuro, ressaltando a necessidade de um manejo prévio para a invasão de *H. coronarium*.

Palavras-chave: América do Sul; espécies exóticas; espécies invasoras; aquecimento global; precipitação.

Climate change and the prospect of the marsh lily (*Hedychium coronarium*): a look at future habitat suitability

Abstract

Predictions and models about climate change differ in distinct scenarios, which are used as tools for visualizing the suitability of habitat in the future, especially invasive species. This article addresses the modeling of the future habitat suitability of the invasive species *Hedychium coronarium* in South America, under the influence of climate change. For habitat suitability modeling, data from the Global Biodiversity Information Facility (GBIF), WordClim and environmental variables from the RCP 8.5 scenario of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) were used, thus generating an "Ensemble" model, generating suitability maps for the current and future scenario. The results obtained suggest that new areas can be invaded by *H. coronarium* in the future, since in the future model, there was an increase in habitat suitability for the areas of the current scenario, however there is an increase in new habitable areas, mainly in the Amazon region, which may be affected in the future, highlighting the need for prior management for the invasion of *H. coronarium*.

Keywords: South America; exotic species; invasive species; global warming; precipitation.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as mudanças climáticas vêm progressivamente recebendo mais atenção. O chamado efeito estufa, garante níveis de temperatura média adequados para proliferação e manutenção da vida, uma vez que impede o calor proveniente do Sol de retornar ao espaço. Este calor é barrado devido às concentrações de gases presentes na atmosfera, sendo que quanto maior a concentração destes, maior o aquecimento (DIAS, 2006). Apesar de tratar-se de um fenômeno natural do planeta, este é fortemente influenciado e agravado pelas atividades antrópicas e expansão da sociedade. Considerado o principal gás do efeito estufa, o gás carbônico teve um aumento de 35% em sua concentração na atmosfera, quando em comparação com a metade do século XIX (COLLINS et al., 2007). A alta taxa de liberação deste e de outros gases vêm agravando o aumento da temperatura do planeta, intensificando o processo chamado aquecimento global, sendo constatado um aumento entre 0,4 e 0,7°C (IPCC, 2007). Caso a concentração de gás carbônico dobre nos próximos 100 anos, seria possível ocorrer um aumento da temperatura média global, sendo este entre 2° e 4,5°C (MOLION, 2007).

A temperatura do ar é um fator que influencia diretamente na fenologia das plantas. Com maiores temperaturas, mais rápido se dá o desenvolvimento vegetal, enquanto em menores temperaturas, se é observado o prolongamento do ciclo, ressaltando que os limites térmicos variam de acordo com as espécies. Baseando-se no cenário descrito por Molion (2007), com o aumento da temperatura, ou seja, o encurtamento do ciclo de vida das plantas, haveria um aumento na taxa de respiração noturna das plantas no geral, assim desencadeando a redução da biomassa e produção de frutos (BAESSO et al., 2007; BERGAMASCHI, 2007). As plantas aquáticas ou macrófitas, compreendem organismos altamente produtivos, com eficiente capacidade de dispersão, crescimento e reprodução, mesmo quando sujeitas à fatores elevados tratando-se de obstáculos e pressões ambientais (CHAMBERS et al., 2008; WETZEL, 2001; SPENCER & BOWES, 1990). São espécies extremamente adaptáveis, resilientes e com eficiente reprodução, sendo muitas destas consideradas potencialmente invasoras (PIETERSE & Murphy, 1990). O conceito de invasão biológica se define no processo de degradação de um ecossistema, cujo é resultado da proliferação de espécies exóticas, podendo causar danos ao ambiente e à espécies nativas (SIMBERLOFF & REJMÁNEK, 2011). Tais espécies são consideradas exóticas invasoras quando obtêm uma vantagem no ambiente e em relação à outras espécies, não havendo obstáculos naturais que contenha sua reprodução e disseminação. Dessa forma, a espécie se beneficia com uma rápida expansão e conquista de novas áreas, tornando-se dominante no ambiente (VALÉRY et al., 2008).

A espécie *Hedychium coronarium* é uma macrófita perene nativa da Ásia tropical, popularmente conhecida como lírio-do-brejo. Esta ocupa ambientes úmidos como sub-bosques, áreas alagáveis e margens de corpos d'água (KISSMAN & GROTH, 1991; INSTITUTO HÓRUS, 2011). *H. coronarium* se apresenta bem adaptada nas Américas, principalmente em território brasileiro, sendo encontrada facilmente em toda a zona litorânea. Devido ao rápido desenvolvimento e eficiente reprodução pela dispersão de rizomas em corpos d'água e áreas alagadiças, é considerada como uma espécie exótica invasora, formando densas populações em um ambiente, assim expulsando ou inibindo espécies nativas. (LORENZI, 1991; KISSMAN & GROTH, 1991; STONE et al., 1992; LORENZI & SOUZA, 2001; SANTOS et al., 2005). Na América do Sul, esta espécie está muito bem distribuída e em crescente disseminação, sendo encontrada em maior densidade no Brasil e Colômbia, onde se aproxima de áreas em

que *H. coronarium* se apresenta extremamente estabelecida, sendo registrada em praticamente toda a América Central (ANDERSON, 2021). Dessa forma, torna-se de suma importância o acompanhamento da disseminação da espécie e sua erradicação. Em território brasileiro, foram observadas ocorrências de *H. coronarium* em 19 estados brasileiros, havendo maior densidade populacional em toda a região litorânea do sul e sudeste do país, abrangendo rapidamente boa parte de regiões agrícolas (SILVA, 2020). Estima-se que entre 2018 e 2019, o setor agrícola argentino tenha perdido aproximadamente 3,4 bilhões de dólares devido a espécies invasoras (ZILIO, 2019), algo semelhante às principais regiões fitoecológicas com registro de *H. coronarium* como invasora, apresentada por Silva, 2020.

Para se determinar o potencial de distribuição de uma espécie, as análises e levantamentos de adequabilidade de habitats se apresentam como uma grande ferramenta, englobando informações e dados de ocorrência, junto às condições e recursos necessários para a sobrevivência e estabelecimento da espécie em questão (XAVIER, 2015). A modelagem desses habitats potenciais, apresenta aplicações em variadas áreas (GUISAN & ZIMMERMAN, 2000). Dessa forma, constitui-se uma ferramenta de grande contribuição nos quesitos previsões de impactos e controle de espécies invasoras, bem como auxílio na elaboração de planos de manejo em áreas de preservação ambiental (BARBOSA, 2016).

Visto isso, objetivamos melhor compreender os riscos ambientais para ecossistemas invadidos por *H. coronarium*, na América do Sul, buscando comparar a adequabilidade de habitat atual e futura (em um cenário acentuado de mudanças climáticas). Pois, por ser uma macrófita aquática, trata-se de um exemplar com vantagens em comparação a plantas terrestres nativas. Isso caracteriza a importância de estudos e acompanhamentos sobre a distribuição desta espécie, além da associação com a adequabilidade de habitat futura sob influência de mudanças climáticas, assim permitindo a visualização de possíveis novos habitats, contribuindo com a previsão de possíveis impactos ambientais, além do auxílio na elaboração de estratégias para planos de manejo e erradicação da espécie em unidades de conservação e outras áreas de preservação ambiental.

METODOLOGIA

Foi definido como área de estudo a América do Sul, região onde *H. coronarium* ocorre como espécie invasora. Todos os dados de ocorrência da espécie foram coletados do banco de dados Global Biodiversity Information Facility (GBIF.org), sendo utilizado o pacote *rgbif* (Chamberlain, 2019), do software R, para obter 6932 registros da espécie. Após isso, foram retirados todos os registros repetidos e que faltavam coordenadas, sobrando 5007, os quais foram convertidos em graus utilizando o Sistema de Referência Global WGS84. Para modelar a adequabilidade de habitat da espécie, foram filtrados os 1052 registros de onde a espécie é considerada nativa, ou seja, Ásia tropical (Figura 1), pois na região a espécie encontra-se em equilibro ecológico com as variáveis ambientais, diferente do que ocorre na região não nativa (Figura 1), sendo necessário esse equilíbrio para o modelo.

As variáveis ambientais das últimas décadas (anos 1970 a 2000) e para o período entre os anos de 2061 e 2070 foram obtidas através da Plataforma WorldClim (Cerasoli et al., 2022), com uma resolução espacial de 10 minutos. Para cenários futuros foram definidas as variáveis ambientais do cenário mais drástico do Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o RCP 8.5. Para o modelo de adequabilidade de hábitat foram utilizadas as variáveis ambientais das últimas decádas, as quais foram testadas quanto a multicolinearidade, sendo definido um fator de inflação da

variância menor do que 10 (VIF < 10), e sendo excluídas as variáveis que geravam maior inflação.

Foram adotadas três técnicas para modelar a adequabilidade de hábitat da espécie: Modelo Linear Generalizado (GLM), Algorítmo de Máxima Entropia (Maxent) e Floresta Aleatória, sendo gerados 1000 registros de pseudo-ausência de modo aleatório na área em que a espécie foi considerada nativa. Para testar os modelos foram adotados três bootstraps dos dados para cada técnica, totalizando 9 datasets de treino, tendo a precisão do modelo avaliada por meio da Habilidade Estatística Verdadeira (TSS) e Área sob a Curva Característica de Operação do Receptor (AUC). Também foram visualizadas a probabilidade de ocorrência da espécie por variável ambiental adotada, assim como a importância relativa das variáveis para adequabilidade de hábitat.

Em seguida, foi realizada a predição da adequabilidade de hábitat para a América do Sul e para a visualização mais precisa, foi adotado um modelo "Ensemble", que constitui a junção do resultado encontrado pelas três técnicas e 9 modelos através do balanceamento dos valores de TSS, possibilitando gerar mapas de adequabilidade para o cenário atual e futuro. Todos os processos foram feitos com o auxílio do pacote *sdm* do R (Naimi & Araujo, 2016)

.

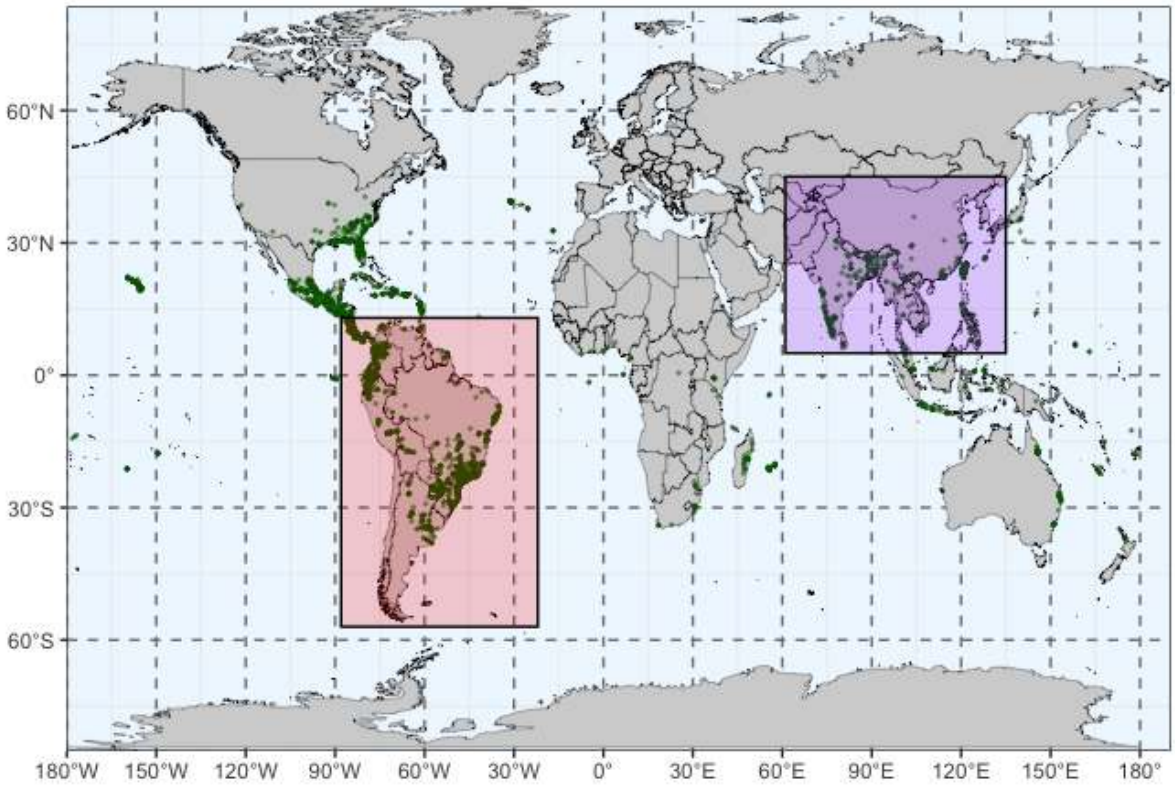


Figura 1. Mapa da ocorrência de *Hedychium coronarium* no mundo com base nos registros na Plataforma GBIF (pontos verdes), com a área nativa da espécie dentro do retângulo roxo e para a área utilizada para a predição da adequabilidade de hábitat, onde a espécie é invasora, dentro do retângulo vermelho.

RESULTADOS

As variáveis ambientais restantes, após excluídas as que apresentaram inflação da multicolinearidade, podem ser visualizadas na Figura 2. Todas as técnicas adotadas para modelar a adequabilidade de hábitat rodaram com 100% de sucesso, com Floresta Aleatória apresentando os melhores valores de AUC e TSS, assim como apresentou menor desvio (Tabela 1).

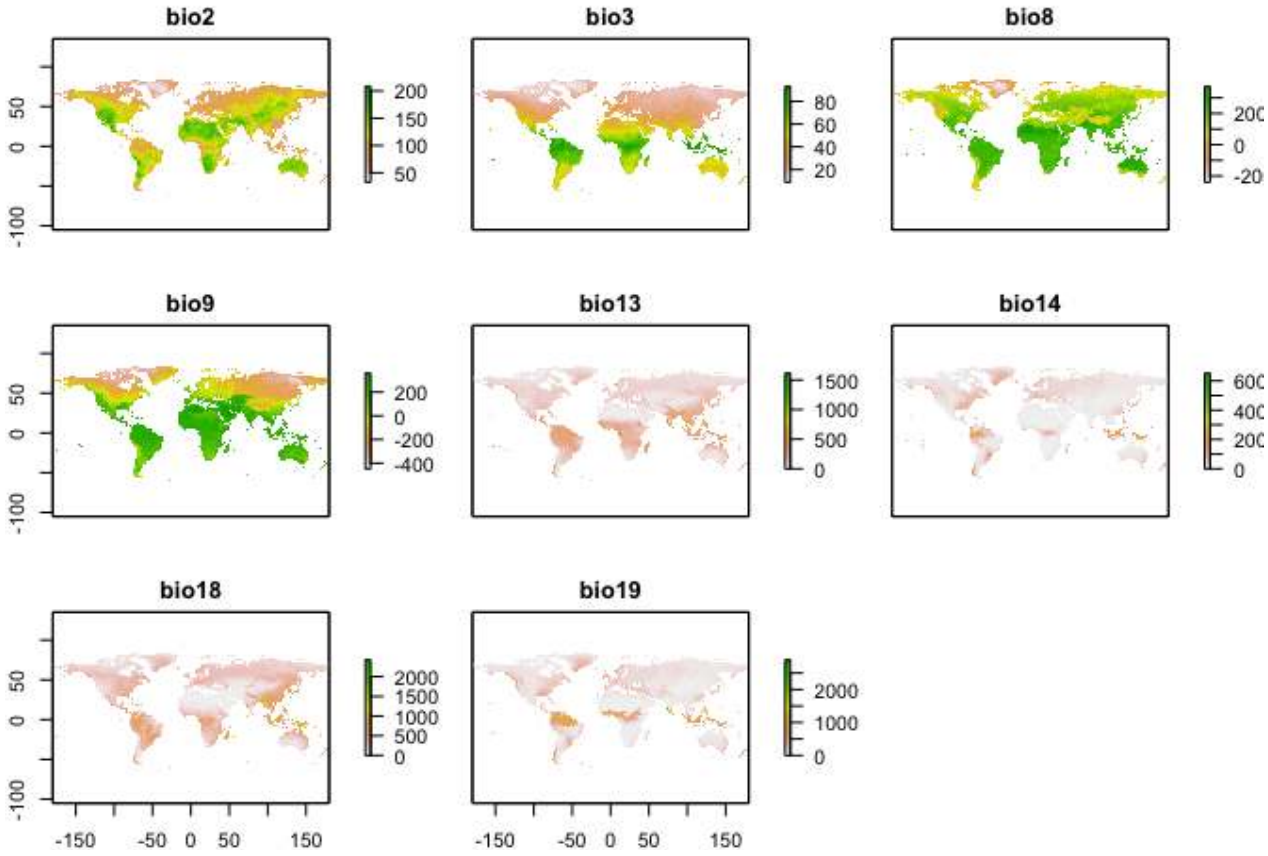


Figura 2. Variáveis ambientais da plataforma WorldClim utilizadas para modelar a adequabilidade de hábitat de *Hedychium coronarium* na América do Sul, após verificação do fator de inflacão da variância. Bio 2 = Faixa de temperatura média diurna; bio3 = isotermalidade; bio8 = Temperatura média do trimestre mais úmido; bio9 = Temperatura média do trimestre mais seco; bio13 = Precipitação do mês mais chuvoso; bio14 = Precipitação do mês mais seco; bio18 = Precipitação do trimestre mais quente; bio19 = Precipitação do trimestre mais frio.

Tabela 1. Performance dos modelos considerando as três técnicas aplicadas para mensurar a adequabilidade de hábitat de *Hedychium coronarium*. GLM = Modelo Linear Generalizado; Maxent = Algorítmo de Máxima Entropia; FA = Floresta Aleatória; AUC = Área sob a Curva Característica de Operação do Receptor; TSS = Habilidade Estatística Verdadeira

Métodos	AUC	TSS	Desvio
GLM	0.93	0.73	0.66
Maxent	0.95	0.76	0.7
FA	0.99	0.9	0.29

A adequabilidade de hábitat atual foi visualizada através da combinação de todas as predições em um modelo Ensemble (Figura 3), assim como a adequabilidade futura para o período de 2061 até 2080 no cenário RCP 8.5 de mudanças climáticas (Figura 4).

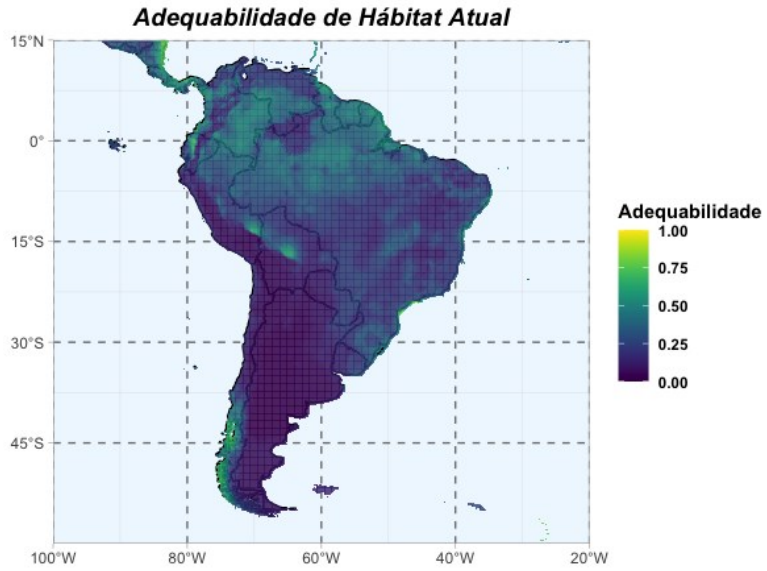


Figura 3. Modelo Ensemble da adequabilidade de hábitat atual de *Hedychium coronarium* (variando de 0 até 1), considerando as predições para a América do Sul.

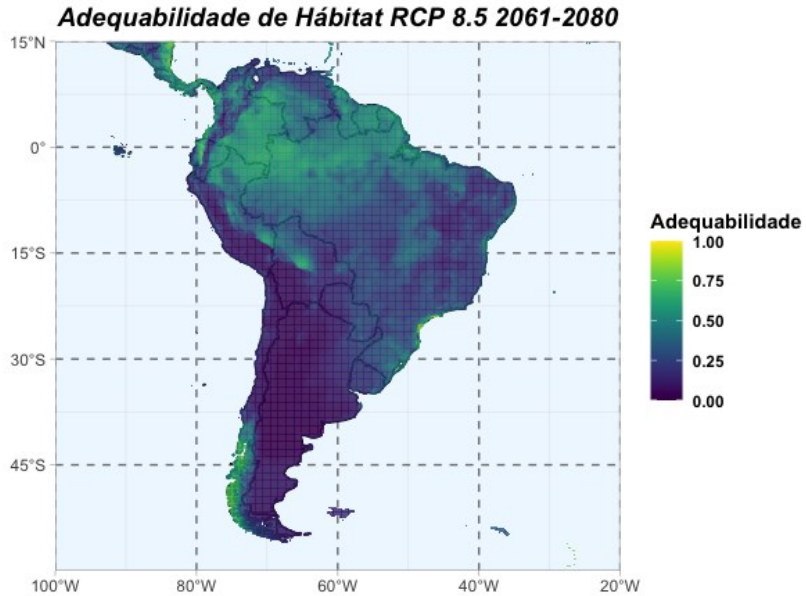


Figura 4. Modelo Ensemble da adequabilidade de hábitat de *Hedychium coronarium* (variando de 0 até 1), considerando o período dos anos 2061 até 2080 sob o pior cenário de mudanças climáticas (RCP 8.5), para as predições para a América do Sul.

A probabilidade de ocorrência da espécie foi visualizada como uma curva de resposta para as variáveis ambientais utilizadas no modelo (Figura 5), com a

ocorrência da mesma estando positivamente relacionada com o aumento da precipitação e aumento da temperatura média do trimestre mais seco, e negativamente relacionada com o aumento da faixa de temperatura média diurnal, ou seja, preferindo uma menor variação da temperatura. A importância relativa de cada variável para modelar a adequabilidade de hábitat de *H. coronarium* pode ser visualizada na Figura 6, com a faixa de temperatura média diurnal, temperatura média do trimestre mais seco, e variáveis relacionadas com a precipitação (bio13 e bio18) apresentando maior importância.

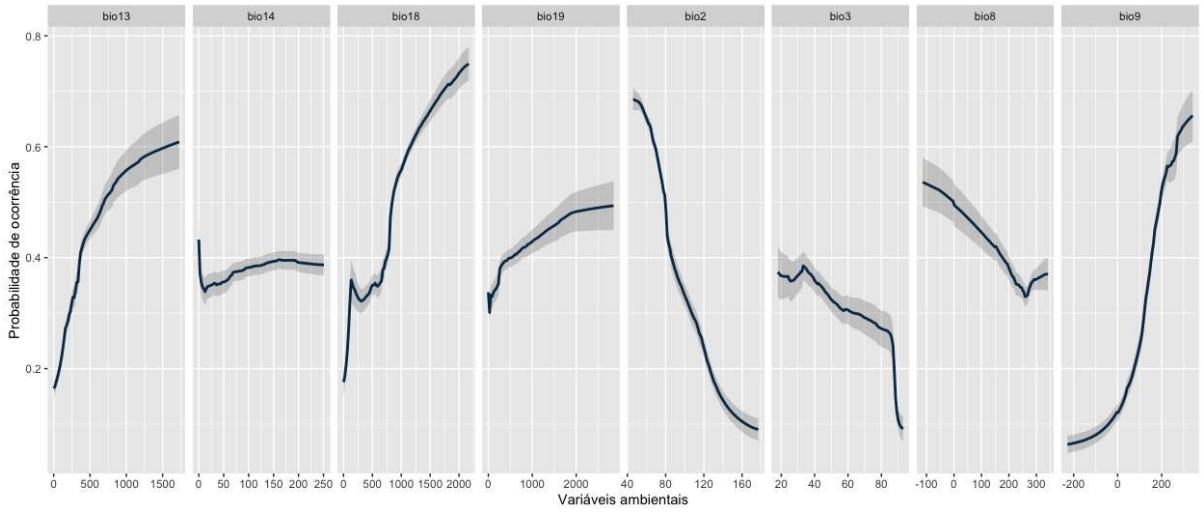


Figura 5. Curvas de resposta da probabilidade de ocorrência de *Hedychium coronarium* em relação as variáveis ambientais utilizadas no modelo. A linha azul clara representa o ajuste da tendência e o intervalo de confiança ao redor representado em cinza. Bio 2 = Faixa de temperatura média diurna; bio3 = isotermalidade; bio8 = Temperatura média do trimestre mais úmido; bio9 = Temperatura média do trimestre mais seco; bio13 = Precipitação do mês mais chuvoso; bio14 = Precipitação do mês mais seco; bio18 = Precipitação do trimestre mais quente; bio19 = Precipitação do trimestre mais frio.

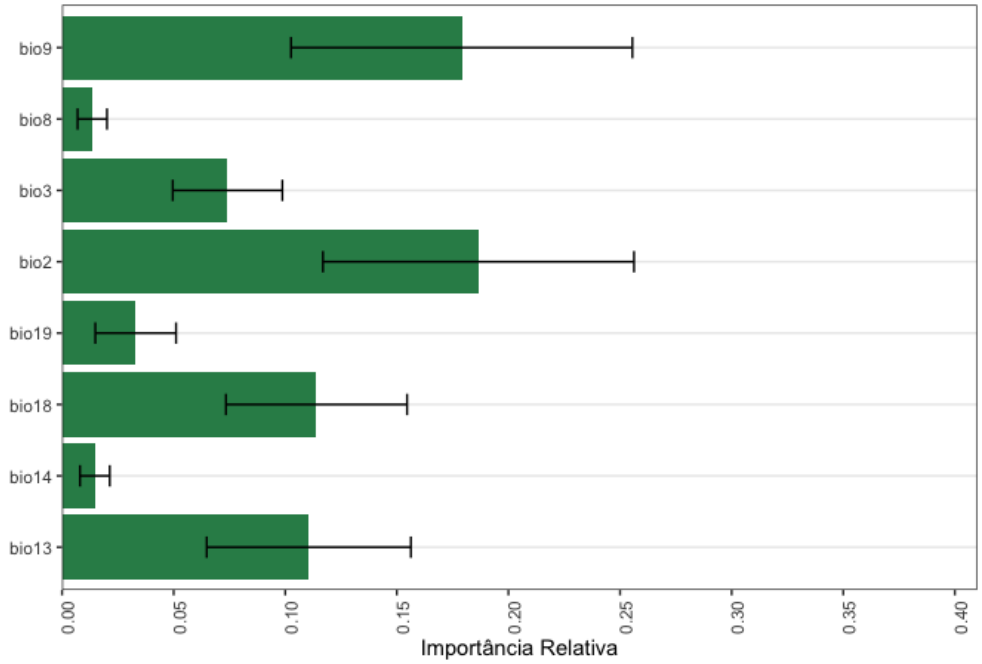


Figura 6. Importância relativa de cada variável ambiental considerando todos os modelos de adequabilidade de hábitat de *Hedychium coronarium,* com valores médios e erro padrão dessa importância relativa. Bio 2 = Faixa de temperatura média diurna; bio3 = isotermalidade; bio8 = Temperatura média do trimestre mais úmido; bio9 = Temperatura média do trimestre mais seco; bio13 = Precipitação do mês mais chuvoso; bio14 = Precipitação do mês mais seco; bio18 = Precipitação do trimestre mais quente; bio19 = Precipitação do trimestre mais frio.

DISCUSSÃO

Mesmo sendo a área com maior adequabilidade de habitat atual (Figura 3), não há registros recorrentes de *Hedychium coronarium* na Floresta Amazõnica. Na verdade, são registrados mais espécimes na porção sudeste e sul do Brasil, extendendo-se ao litoral norte da Argentina (Figura 1). No entanto, são encontradas densas populações na região costeira do Equador e Colombia (Figura 1). Não há constatações históricas sobre o local de introdução de *Hedychium coronarium* na América do Sul. No entanto, em território brasileiro, sua presença foi constatada pela primeira vez por Martius e Schumann na elaboração da Flora Brasiliensis entre 1840 e 1906, sendo um dos primeiros espécimes registrados por Glaziou em 1869 (ROYAL BOTANICAL GARDENS, 1912). No início do século XX, já haviam registros sobre o cultivo desta espécie no Horto Botânico do Museu Paulista, para fins medicinais (HOEHNE, 1939). Tal fato, pode ser um indício de que no quesito histórico, a localidade de introdução e disseminação da espécie tenha partido da região sudeste do país, o que explica a maior ocorrência desta na região (Figura 1), visto que esta não corresponde ao ótimo ecológico para seu desenvolvimento. Ressalta-se que este fator pode não necessariamente afetar a distribuição e adaptação da espécie neste ambiente, este apenas é mais divergente das características ótimas encontradas na região em que *Hedychium coronarium* é nativa. Ja a situação encontrada na Colômbia, carece de estudos sobre a disseminação e local aproximado de introdução da espécie. Nota-se que da região fronteira com a América Central em diante, a espécie se encontra praticamente naturalizada e bem adaptada, fator que pode ter influenciado na distribuição de *H. coronarium* em território colombiano.

Foi observado que, para o cenário futuro, RCP 8.5 (Figura 4), haveria um aumento das áreas classificadas como mais adequadas, sendo observado um incremento na adequabilidade, principalmente nos territórios: porções norte e noroeste da Floresta Amazônica, Cerrado brasileiro, região litorânea do sudeste do Brasil, além da região sul do Chile. O acréscimo na adequabilidade de habitat no Cerrado brasileiro, sugere que essa região possa funcionar como uma conexão entre o bioma amazônico e as populações do sul e sudeste do país. Além disso, essa dinâmica pode ser aplicável a outros países, como Colômbia e Equador, que também apresentarão níveis elevados de adequabilidade de habitat em praticamente todo o seu território no futuro. As populações encontradas no Chile e Argentina, poderiam também realizar uma conexão entre ambas futuramente, servindo como passagem para novas áreas, ressaltando a presença da Cordilheira dos Andes, que seria um provável obstáculo.

O aumento de fatores como temperatura e precipitação, implicam sobre a área de ocorrência e disseminação de *H. coronarium* especificamente. Devido à sua reprodução extremamente eficiente, caracterizada pela dispersão dos rizomas em corpos d'água, o aumento da precipitação tende a ser um fator benéfico no quesito dispersão e proliferação desta espécie, principalmente em áreas caracterizadas como florestas pluviais, regiões a beira de corpos d'água e áreas alagadiças. De acordo com Santos et. al. (2005), para esta espécie foi observado um aumento no quesito altura durante períodos de maior temperatura e precipitação, ao contrário de períodos mais frios e secos, os quais os indivíduos mantiveram suas medias de altura. No entanto, para as plantas de um modo geral, como a temperatura é um fator que influencia na maioria dos processos fisiológicos, grandes variações da temperatura media diurnal podem desfavorecer esses processos, bem como visualizado na Figura 5, em que *Hedychium coronarium* se relaciona

negativamente com o o aumento da variação de temperatura media diurnal.

O aumento considerável da adequabilidade de habitat em território amazônico é digno de uma maior atenção. Refere-se à um ambiente mais propício para *Hedychium coronarium*, pois apresenta maior disponibilidade e qualidade de habitats, aproximando-se de seu ótimo ecológico. Além disso, este bioma está inserido na região da maior bacia hidrográfica do mundo, havendo assim condições que favorecem a dispersão dos rizomas por meio dos corpos d'água, garantindo a reprodução da espécie. Trata-se de um risco para plantas nativas devido ao rápido crescimento, assentamento e dispersão de *H. coronarium*, o que ressalta a necessidade do monitoramento e manejo prévio da espécie na região.

CONCLUSÃO

Atualmente, *H. coronarium* apresenta maior ocorrência nas porções sudeste e sul do Brasil, sendo encontrado em todo o lirotal brasileiro; abrangendo parte do litoral norte argentino, margeando a Cordilheira dos Andes até a Colômbia, onde se encontra bem estabelecida e disseminada. Além disso, ressalta-se uma grande densidade de registros na porção sul do Chile. Analisando o cenário RCP 8.5, nota-se que as áreas com maior adequabilidade futura, correspondem à uma parcela do cerrado brasileiro; região sul do Chile e à porção norte e noroeste da Floresta Amazônica, principalmente em território colombiano, assim intensificando o cenário atual. No geral as variáveis ambientais definidas no cenário RCP 8.5, se apresentam benéficas no quesito adequabilidade de habitat para *H. coronarium*, trazendo condições ambientais favoráveis para que esta se alastre para novas áreas, atualmente não invadidas e permitindo uma melhor qualidade de habitats em ambientes ja invadidos. Dada a importância relativa das variáveis ambientais utilizadas, a probabilidade de ocorrência para *H. coronarium*, se apresenta positivamente relacionada com o aumento da precipitação, aumento da temperatura média do trimestre mais seco, além de preferir uma menor variação da temperatura diurnal, sendo estes dados similares comparado com os estudos pertinentes sobre o assunto.

Conclui-se que, pelo fato do bioma amazônico possuir mais semelhanças ao ótimo ecológico de *H. coronarium*, este pode ser facilmente ocupado pela espécie no futuro, dada a influência dos fatores climáticos e variáveis ambientais mencionadas, no aumento da adequabilidade de habitat para essas regiões. Nota-se um leve aumento de adequabilidade de habitat no Cerrado brasileiro, havendo a possibilidade deste servir como uma ponte entre o bioma amazônico e as populações do sul e sudeste do país, o mesmo também pode ser aplicável para as populações da Colômbia e Equador, países os quais atingiram niveís altos de adequabilidade de habitat no futuro, em praticamente todo o seu território.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Renata Vilar de. Invasividade de Hedychium coronarium J. Köenig (Zingiberaceae) em diferentes umidades do solo. 2015.

ANDERSON, G. C. W. F. E.; SÁNCHEZ-RESTREPO, A. Suitability for classical biological control of Hedychium coronarium in Argentina. 2021.

BAESSO, R.C.E. et al. 2007. Impacto das mudanças climáticas na produtividade do eucalipto no norte do Espírito Santo e sul da Bahia. In: Congr. Bras. Agromet., 15. Anais... Aracaju: Embrapa/SBAgro, 2007.

BARBOSA, R. V. Modelagem de Adequabilidade de Habitat de Corais Azooxantelados na Margem Continental do Brasil, com ênfase na Bacia de Campos. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BERGAMASCHI, H. O clima como fator determinante da fenologia das plantas. Fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos. Colombo: Embrapa Florestas, v. 1, p. 291-310, 2007.

CERASOLI, F.; D'ALESSANDRO, P.; BIONDI, M. Worldclim 2.1 versus Worldclim 1.4: Climatic niche and grid resolution affect between-version mismatches in Habitat Suitability Models predictions across Europe. Ecology and Evolution, v. 12, n. 2, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1002/ece3.8430. Acesso em: 02 mar. 2023.

CHAMBERLAIN, S. Package 'rgbif' - Interface to the Global "Biodiversity" Information Facility API. CRAN Repository, 2019. Disponível em: https://cran.r-project.org/web/packages/rgbif/index.html. Acesso em: 02 mar. 2023.

CHAMBERS, P. A. et al. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. Freshwater animal diversity assessment, p. 9-26, 2008.

COLLINS, W.; COLMAN, R.; HAYWOOD, J.; MANNING, M.R.; MOTE, P. The physical science behind cilmate change. Scientific American, v.297, p.48-57, 2007.

DIAS, M. A fotossíntese e o aquecimento global. 2006.

GUISAN, A.; ZIMMERMAN, E. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling, 2000.

HOEHNE, F. C. Plantas e substâncias vegetais tóxicas e medicinais. São Paulo, Graphicars. 1939. 355p.

INSTITUTO HÓRUS DE DESENVOLVIMENTO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL. Espécies Exóticas Invasoras: Fichas Técnicas. Disponível em: https://www.institutohorus.org.br/fichas-tecnicas/. Acesso em: 02 mar. 2023

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Surnmary for Poiicymakers. In: PARRY, ML.; CANZIANI, 0.F.; PALUTIKOF, J.P.; van der LINDEN, P.J.; HANSON, C.E. (Ed.). Climate Change 2007: lmpacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the lntergovernmental Panei on Chrnate Change. Carnbridge, UK: Cambridge University Press, 2007, p.7-22.

KISSMAN, K.G.; GROTH, D., 1991. Plantas infestantes e nocivas. São Paulo: Basf Brasileira, p. 590-593

LORENZI, H. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1991.

LORENZI, H.; SOUZA, H. Plantas ornamentais. 3. ed. São Paulo: Plantarum, 2001.

MOLION, L. C. B. Desmistificando o aquecimento global. Intergeo, v. 5, p. 13-20, 2007.

NAIMI, B.; ARAUJO, M.B. Package "sdm." R CRAN Project, 2019. p. 1-10. Disponível em: https://doi.org/10.1111/ecog.01881. Acesso em: 02 mar. 2023.

PIETERSE, A. H.; MURPHY, K.J. 1990. Aquatic weeds: the ecology and management of nuisance aquatic vegetation. Oxford Science Publications, Oxford, England.

PIRES, M. J. P. Aspectos históricos dos recursos genéticos de plantas medicinais. Rodriguésia, v. 36, p. 61-66, 1984.

ROYAL BOTANICAL GARDENS. New sources of paper (Hedychium coronarium, koen., and allies). Bulletin of Miscellaneous Information (Royal Gardens, Kew), p. 373-378, 1912.

SANTOS, S. B.; PEDRALLI, G.; MEYER, S. T. Aspectos da fenologia e ecologia de Hedychium coronarium (Zingiberaceae) na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto-MG. Planta Daninha, v. 23, n. 2, p. 175-180, 2005.

SILVA, A. C. N. Plantas ornamentais exóticas invasoras no paisagismo: características e áreas de ocorrência no Brasil. 2020.

SIMBERLOFF, D.; REJMÁNEK, M. (Ed.). Encyclopedia of Biological Invasions. University of California Press, 2011.

SPENCER, W.; BOWES, G. Ecophysiology of the world's most troublesome aquatic weeds. 1989.

STONE, C. P.; SMITH, C. W.; TUNISON, J. T. Alien Plant Invasions in Native Ecosystems of Hawaii: Management and Research. Honolulu: University of Hawaii, Cooperative National Park Resources Study Unit, 1992.

VALÉRY, L. et al. In search of a real definition of the biological invasion phenomenon itself. Biological Invasions, v. 10, p. 1345-1351, 2008.

WETZEL, R. G. Limnology: lake and river ecosystems. Gulf Professional Publishing, 2001.

XAVIER, R. A. et al. Índices de adequabilidade de habitat como subsídio ao gerenciamento dos recursos hídricos do Banhado do Taim. 2015.