

DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE ÁREAS ADEQUADAS PARA O CONTROLE BIOLÓGICO DE *Tetranychus urticae* POR *Beauveria bassiana*

PROTASIO, A.L.R.¹; FERREIRA, S.R.¹; BORGES, C.E.²; VELOSO, R.V.S.³; SOARES, M.A.⁴; SILVA, R.S.⁴

¹ Discente do curso de Agronomia da UFVJM – Campus JK, Diamantina-MG, Brasil; ² Discente do Programa de Pós graduação em Produção Vegetal da UFVJM – Campus JK, Diamantina-MG, Brasil; ³ Pós-doutorando do Programa de Pós graduação em Produção Vegetal da UFVJM – Campus JK, Diamantina-MG, Brasil; ⁴ Docente do Departamento de Agronomia da UFVJM– Campus JK, Diamantina-MG, Brasil.

RESUMO

A modelagem de nicho ecológico, uma ferramenta largamente utilizada em âmbito acadêmico, se utilizada de maneira correta possibilita evidenciar os possíveis impactos sobre a distribuição de espécies em uma escala local ou global. Sob diferentes projeções climáticas é possível determinar os locais de risco no espaço e no tempo, o que pode ser utilizado como informação para o estabelecimento e desenvolvimento de medidas de prevenção, manejo e controle para espécies-pragas nos sistemas agrícolas. O presente trabalho teve como objetivo a identificação de áreas com adequação climática para o ácaro rajado (*Tetranychus urticae*) e o fungo *Beauveria bassiana*. Para isso foram utilizados dados de distribuições de ocorrência das espécies identificadas com base nos sites Global Biodiversity Information Facility (GBIF) e Center for Agricultural Bioscience International (CABI) e, como ponto de apoio fundamental, a literatura disponível. Como meio para inserção e processamento dos dados, bem como projeção dos resultados, foi utilizado o software de modelagem CLIMEX versão 4.0. Com o processamento dos dados nota-se que ambas as espécies estão distribuídas nos cinco continentes, evidenciando assim a potencial interação entre as espécies em todo o mundo. Os resultados obtidos para o atual cenário demonstraram relevante consistência com as atuais distribuições de *T. urticae* e *B. bassiana*. A adequabilidade climática apresentou correlação positiva entre as duas espécies. Estas informações são importantes para fornecer subsídios para a implementação de métodos de manejo da espécie *T. urticae* utilizando *B. Bassiana* como agente de controle biológico nos sistemas agrícolas.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem ecológica, fungo entomopatogênico, fitossanidade.

INTRODUÇÃO:

A busca por medidas eficientes, seguras e sustentáveis no controle de pragas agrícolas é um dos principais objetivos da agricultura atual (Parra, 2019). Com isso a utilização do controle biológico vem se popularizando em contexto global e principalmente no Brasil, uma potência agrícola localizada em região de clima tropical, o que favorece a agricultura e a ocorrência de pragas nas lavouras. O controle biológico pode ser realizado de duas formas: controle biológico natural e biológico artificial. O controle biológico natural consiste na preservação ou incremento das populações de inimigos naturais, enquanto no controle biológico artificial o inimigo natural, após criação massal em laboratório, é liberado em campo para o controle da praga.

Beauveria bassiana é um fungo entomopatogênico, capaz de infectar os insetos e aracnídeos por penetração direta na cutícula, funcionando como inseticida ou acaricida biológico de contato (XIAO, 2012). Formulações comerciais à base de *B. bassiana* são amplamente encontradas no mercado, em soluções líquidas ou em pó. De forma generalizada, os isolados apresentam maior virulência em temperaturas de 25 à 28°C (FARGUES, 1997) e umidade relativa de 75 à 100% (SOSA-GÓMEZ, 2000), sendo essas duas variáveis diretamente ligadas ao número de conídios produzidos. Neste sentido, as mudanças climáticas previstas podem ocasionar redução da eficiência desses isolados e redistribuição da espécie no espaço, fato que evidencia a necessidade e importância do estudo.

O ácaro rajado *Tetranychus urticae* é uma praga polífaga possuindo mais de 200 culturas hospedeiras (Migeon e Dorkeld 2006–2017). Os custos de controle excedem US \$ 400 milhões anuais apenas nas vendas de pesticidas (Van Leeuwen et al 2015). A praga desenvolveu resistência a cerca de 100 ingredientes ativos químicos, mais do que qualquer outro artrópode herbívoro (Michigan State University

2019). O sequenciamento de seu genoma iluminou uma vasta gama de genes de detoxificação exclusivos que contribuem de forma relevante para a rápida evolução da resistência aos acaricidas químicos (Van Leeuwen et al 2010, Grbić et al 2011). Neste sentido estudos relacionados ao controle biológico de *T. urticae* têm ganhado cada vez mais importância (Bugeme et al., 2009; Wu et al., 2016).

A distribuição e a frequência das espécies dependem diretamente dos fatores ecológicos, agroclimáticos e de mudanças nos padrões de cultivo observados ao longo dos anos, em função das exigências das culturas e ainda das mudanças climáticas a longo prazo (Moat et al. 2019; Yoon et al. 2019). Neste sentido estudos direcionados aos impactos das mudanças climáticas na distribuição de espécies vegetais, pragas e inimigos naturais apresentam elevada importância, uma vez que as consequências econômicas, sociais e ambientais referentes às invasões biológicas, constituem sérias ameaças à agricultura e a economia.

A modelagem de nicho ecológico é uma ferramenta utilizada a fim de evidenciar os possíveis impactos sobre a distribuição de espécies em uma escala local ou global sob diferentes projeções climáticas (DA SILVA, 2018). Além disso, as ferramentas de modelagem quando bem utilizadas fornecem informações importantes que podem melhorar o entendimento das ocorrências de espécies no mundo, permitindo assim evidenciar os locais de risco no espaço e no tempo que poderão ser utilizadas como informações para o estabelecimento de medidas de prevenção e controle para espécies pragas (Jarnevich et al., 2015; Kriticos et al., 2015). O CLIMEX é um modelo semimecanístico que tem sido usado com sucesso para projetar áreas climaticamente adequadas para muitas espécies, incluindo insetos, plantas e patógenos (Berzitis et al 2014, Burgess et al 2017, Ireland et al 2018).

Neste sentido o presente trabalho, teve como objetivo a elaboração do modelo de nicho ecológico global e a análise do potencial de interação na distribuição do ácaro rajado *T. urticae* e de seu agente de controle biológico *B. bassiana* utilizando o software de modelagem CLIMEX.

METODOLOGIA:

O experimento foi conduzido na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, utilizando-se de dados de ocorrência já conhecidos das espécies, obtidos no sites Global Biodiversity Information Facility (GBIF), Center for Agricultural Bioscience International (CABI) e da literatura disponível; um total de 1635 ocorrências de *T. urticae* foram identificadas e 448 de *B. bassiana*. Foram utilizados também dados fisiológicos e biológicos das espécies para parametrização dos modelos climáticos. Os dados de ocorrência foram organizados e utilizados para a confecção dos mapas de distribuição das espécies e validação dos modelos. Para construção dos modelos de *T. urticae* e *B. bassiana*, foi utilizado o pacote de modelagem semimecanístico CLIMEX, o qual pressupõe que as condições climáticas estão diretamente ligadas à distribuição das espécies. Como resultado deste modelo foi gerado o Índice Ecoclimático (EI), que assume valores entre 0 e 100. Indicando a adequação climática geral de um local para a sobrevivência da espécie. As faixas de adequação climática de acordo com o Índice Ecoclimático foram: $EI = 0$ indica locais inadequados para a sobrevivência da espécie; $1 \leq EI < 30$ indica local de menor adequação para o desenvolvimento da espécie; e $30 \leq EI \leq 100$ indica local de maior potencial para a sobrevivência e reprodução da espécie.

Índice	Parâmetro	Valores
Temperatura	DV0= Limite inferior	5°C
	DV1 = Temperatura ideal mais baixa	10°C
	DV2 = Temperatura ideal mais alta	25°C
	DV3 = Limite superior	30°C
Umidade do Solo	SM0 = Limite inferior	0,1
	SM1 = Umidade ideal mais baixa	0,2
	SM2 = Maior umidade ideal	2
	SM3 = Limite superior	2.5
Estresse por Frio	TTCS = Limiar de Grau	1
	THCS = Taxa de acúmulo de estresse	-0,00009
Estresse por calor	TTHS = Limite de temperatura	30°C
	THHS = Taxa de acúmulo de estresse	0,002
Estresse Seco	SMDS = Limite de umidade do solo	0,1
	HDS = Taxa de acúmulo de estresse	-0,005
Estresse úmido	SMWS = Limite de umidade do solo	2.5
	HWS = Taxa de acúmulo de estresse	0,00001
Dias de graduação	PDD = Graus-dias por geração	0

Tabela 1: Parâmetros utilizados no software CLIMEX para o modelo de *Tetranychus urticae*.

Índice	Parâmetro	Valores
Temperatura	DV0 = Limite inferior	2°C
	DV1 = Temperatura ideal mais baixa	25°C
	DV2 = Temperatura ótima superior	28°C
	DV3 = Limite superior	42°C
Umidade	SM0 = Limiar de umidade do solo mais baixo	0,1
	SM1 = Menor umidade ideal do solo	0,5
	SM2 = Umidade ótima superior do solo	1,7
	SM3 = Limite superior de umidade do solo	2
Estresse por Frio	TTCS = Limite de temperatura	2°C
	TTHS = Taxa de acúmulo de estresse	-0.0001 week ⁻¹
Estresse por calor	TTHS = Limite de temperatura	42°C
	THHS = Taxa de acúmulo de estresse	0.0001 week ⁻¹
Estresse seco	SMDS = Limiar de umidade do solo	0.1
	HDS = Taxa de acúmulo de estresse	-0.001 week ⁻¹
Estresse úmido	SMWS = Limiar de umidade do solo	2.5
	HWS = Taxa de acúmulo de estresse	0.0001 week ⁻¹
Dias de graduação	PDD= Graus-dias por geração	600

Tabela 2: Parâmetros CLIMEX utilizados no software CLIMEX para o modelo de *Beauveria bassiana*.

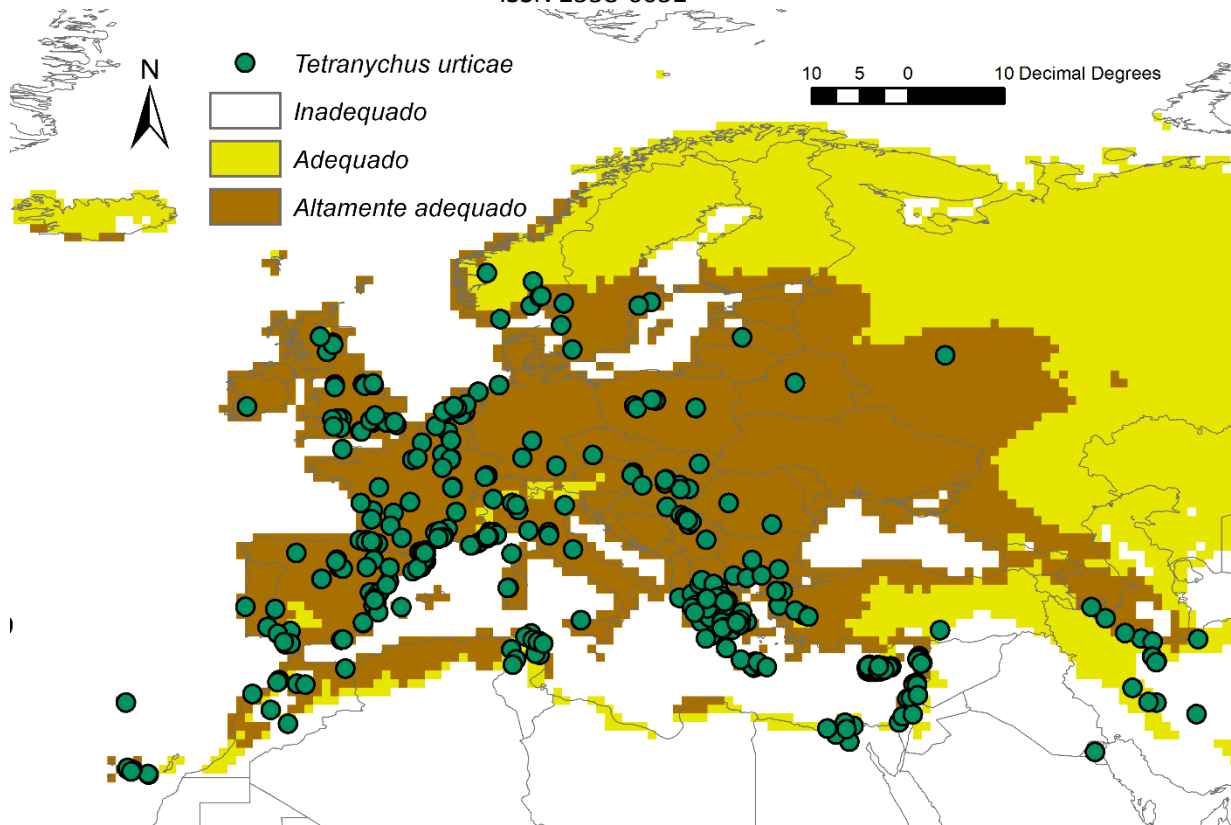


Figura 1. Validação do modelo de *Tetranychus urticae* na Europa. (Projeção: Cilíndrica (UTM))

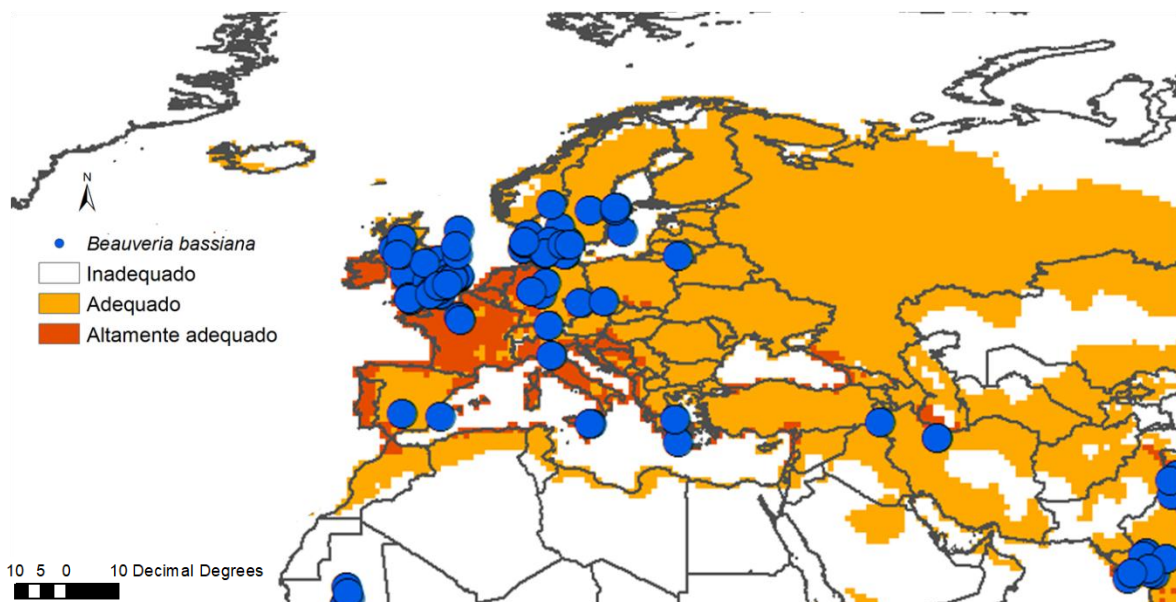


Figura 2. Validação do modelo de *Beauveria bassiana* na Europa. (Projeção: Cilíndrica (UTM))

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O modelo elaborado para *T. urticae* utilizando o cenário climático atual demonstrou adequações para a espécie nas Américas, África, Europa, Ásia e Oceania. As regiões de maior adequação para a espécie estão distribuídas na Europa, Sudeste da América do Norte, África do Sul, Sudeste da América do Sul,

Sudeste Asiático e Sul da Oceania. No entanto uma menor adequabilidade é evidenciada na região central da América do Norte, África Central, Sudoeste Asiático e Sul da América do Sul, reduzindo o potencial de ocorrência da espécie nessas regiões.

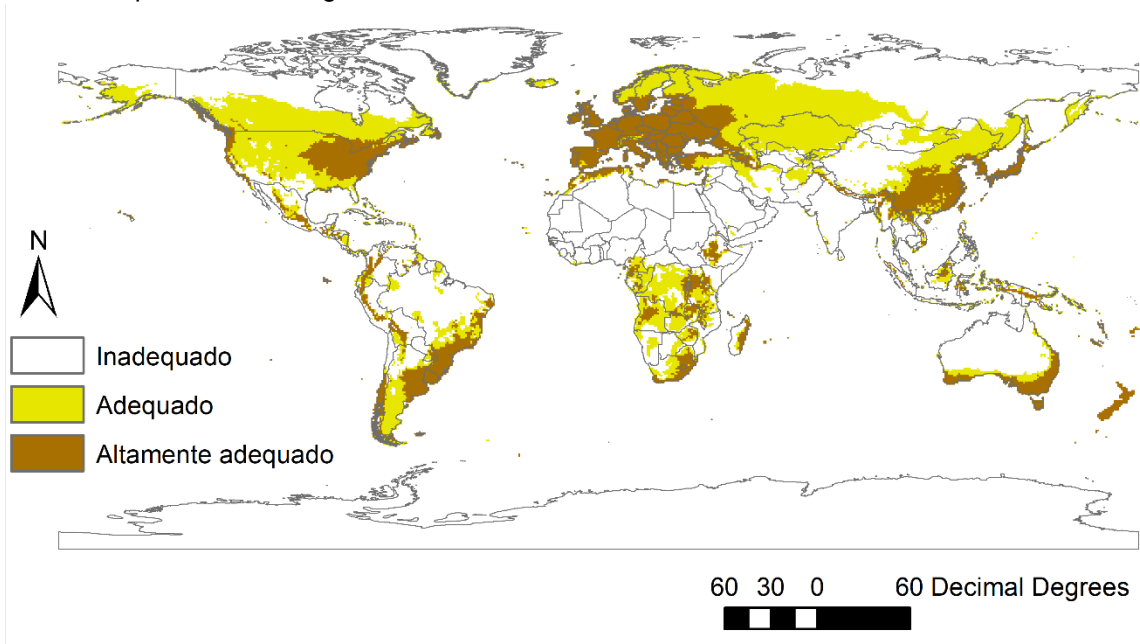


Figura 3. Índice ecoclimático projetado para *Tetranychus urticae* utilizando o software CLIMEX no cenário climático atual. (Projeção: Cilíndrica (UTM))

O modelo de adequação climática elaborado para *B. bassiana* e no cenário climático atual também demonstrou adequações para a espécie em todos os cinco continentes (América, África, Europa, Ásia e Oceania). As regiões de maior adequação para a *B. bassiana* estão distribuídas na América do Sul, Oeste da América do Norte, África Central, África Ocidental, África do Sul e Sudoeste Asiático (Fig. 4). Apresentando significativa semelhança às áreas de adequação para *T. urticae* (Fig. 3).

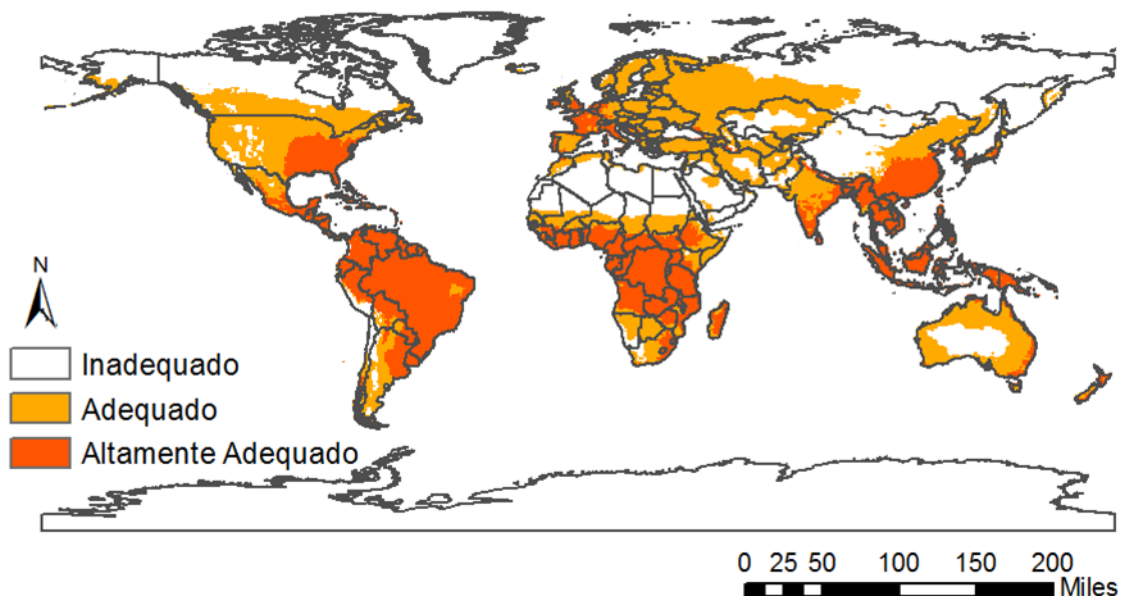


Figura 4. Índice ecoclimático projetado para *Beauveria bassiana* utilizando o software CLIMEX no cenário climático atual. (Projeção: Cilíndrica (UTM))

CONCLUSÕES:

Os resultados da modelagem realizada neste estudo, indicam que *T. urticae* e *B. bassiana* apresentam similaridade em termos de adequação climática para o seu desenvolvimento.. O que evidencia o potencial de uso de *B. bassiana* para controle de *T. urticae* nos sistemas agrícolas.

AGRADECIMENTOS:

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código Financeiro 001 pelo apoio financeiro e à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) pelo apoio técnico a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

PARRA, José RP. Controle biológico na agricultura brasileira. Comunicações Entomológicas, v. 1, p. ec01002-ec01002, 2019.

XIAO, Guohua et al. Genomic perspectives on the evolution of fungal entomopathogenicity in *Beauveria bassiana*. Scientific reports, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2012.

BUGEME DM, Knapp M, Boga HI, Wanjoya AK, Maniania NK.. Influence of Temperature on Virulence of Fungal Isolates of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* to the Two-Spotted Spider Mite *Tetranychus urticae* . Mycopathologia, v.167, p.221–227, 2009.

WU, S., Xie, H., Li, M., Xu, X., Lei, Z. Highly virulent *Beauveria bassiana* strains against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, show no pathogenicity against five phytoseiid mite species. Experimental and Applied Acarology, v. 70, p.421–435, 2016.

FARGUES, Jacques et al. Effect of temperature on vegetative growth of *Beauveria bassiana* isolates from different origins. Mycologia, v. 89, n. 3, p. 383-392, 1997.

SOSA-GÓMEZ, Daniel R.; ALVES, Sérgio B. Temperature and relative humidity requirements for conidiogenesis of *Beauveria bassiana* (Deuteromycetes: Moniliaceae). Anais da Sociedade Entomologica do Brasil, v. 29, n. 3, p. 515-521, 2000.

Migeon A e Dorkeld F 2006–2017 SpiderMites Web: Um banco de dados abrangente para os Tetranychidae. Disponível em: <<http://montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb>>. Acesso em: 22 de dez de 2021.

VAN LEEUWEN, Thomas et al. Mecanismos de resistência a acaricidas no ácaro-rajado *Tetranychus urticae* e outros importantes Acari: uma revisão. Bioquímica e biologia molecular de insetos, v. 40, n. 8, pág. 563-572, 2010.

MOAT, Justin; GOLE, Tadesse W.; DAVIS, Aaron P. Least concern to endangered: Applying climate change projections profoundly influences the extinction risk assessment for wild Arabica coffee. Global change biology, v. 25, n. 2, p. 390-403, 2019.

YOON, EunJoo et al. Modeling spatial climate change landuse adaptation with multi-objective genetic algorithms to improve resilience for rice yield and species richness and to mitigate disaster risk. Environmental Research Letters, v. 14, n. 2, p. 024001, 2019.

DA SILVA, Ricardo Siqueira et al. An analysis of sensitivity of CLIMEX parameters in mapping species potential distribution and the broad-scale changes observed with minor variations in parameters values: an investigation using open-field *Solanum lycopersicum* and *Neoleucinodes elegantalis* as an example. Theoretical and applied climatology, v. 132, n. 1, p. 135-144, 2018.

JARNEVICH, C. S.; STOHLGREN, T. J.; KUMAR, S.; MORISETTE, J. T.; HOLCOMBE, T. R. (2015). Caveats for correlative species distribution modeling. *Ecological Informatics*. 29, 6-15.

Berzitis E A, Minigan J N, Hallett R H and Newman J A 2014 Climate and host plant availability impact the future distribution of the bean leaf beetle (*Ceratomatrifurcata*) *Glob. Change Biol.* 20 2778–92.

BURGESS, Treena I. et al. Current and projected global distribution of *Phytophthora cinnamomi*, one of the world's worst plant pathogens. *Global Change Biology*, v. 23, n. 4, p. 1661-1674, 2017.

IRELAND, Kylie B. et al. Estimating the potential geographical range of *Sirex noctilio*: comparison with an existing model and relationship with field severity. *Biological Invasions*, v. 20, n. 9, p. 2599-2622, 2018.