

Evento: XXV Jornada de Pesquisa

ODS: 15 - Vida terrestre

MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO DA ESPÉCIE *SITOBION AVENAE* (FABRICIUS) PARA O CONTINENTE EUROPEU: SUA REGIÃO DE ORIGEM¹

MODELING OF DISTRIBUTION OF THE SPECIES *SITOBION AVENAE* (FABRICIUS) TO THE EUROPEAN CONTINENT: ITS REGION OF ORIGIN

Douglas de Jesus², Vidica Bianchi³, Juliana Maria Fachinetto⁴

¹ Artigo produzido na disciplina de Interações Ecológicas do Programa de Pós-Graduação Strictu Sensu em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade (PPGSAS)

² Aluno do Curso de Mestrado em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade da UNIJUÍ, douglas.jesus@unijui.edu.br

³ Professor Doutor do Departamento de Ciências da Vida, Orientador, vidica.bianchi@unijui.edu.br

⁴ Professor Doutor do Departamento de Ciências da Vida, juliana.fachinetto@unijui.edu.br

RESUMO

A espécie *Sitobion avenae* (Fabricius), popularmente conhecida como pulgão de grãos, se caracteriza como uma das principais pragas de cereais em escala global. O adequado manejo das populações de pulgões requer, primeiramente, o entendimento de sua dinâmica populacional. A modelagem de nicho ecológico pode auxiliar na identificação dos requisitos para a ocorrência de uma determinada espécie, baseando-se em dados de distribuição pré-existentes. Assim, esta pesquisa teve por objetivo apresentar um modelo de distribuição geográfica potencial para a espécie de pulgão *Sitobion avenae* (Fabricius) partindo de sua região de origem utilizando um banco de dados sobre biodiversidade de acesso aberto a fim de discutir sobre seu nicho ecológico e a distribuição da espécie por regiões do continente europeu. Os dados de ocorrência foram extraídos do banco de dados do Sistema Global de Informação sobre Biodiversidade (GBIF). Através do banco de dados *WorldClim* foram selecionadas de 19 variáveis bioclimáticas. O modelo de distribuição geográfica potencial foi gerado empregando-se o programa Maximum Entropy Distribution Modeling (*Maxent*), versão 3.4.1. Foram obtidos ao total 16 registros de ocorrência para *Sitobion avenae*, sendo o período dos registros de jul/1981 a jun/2019. O modelo obtido se mostrou compatível com os registros de ocorrência da espécie considerando-se o período analisado, revelando alta probabilidade para a ocorrência de *S. avenae* por regiões do continente europeu. O modelo de distribuição gerado permitiu identificar o nicho ecológico e as regiões com maior potencial de distribuição para a espécie *S. avenae* no continente europeu.

Palavras-Chave: *Sitobion avenae*, afídeos, distribuição potencial, modelagem

MODELING OF DISTRIBUTION OF THE SPECIES *SITOBION AVENAE* (FABRICIUS) TO THE EUROPEAN CONTINENT: ITS REGION OF ORIGIN

ABSTRACT

The species *Sitobion avenae* (Fabricius), popularly known as grain aphid, is characterized as one of the main cereals pests on a global scale. Proper management of aphid populations requires, first, an understanding of their population dynamics. Ecological niche modeling can assist in identifying the requirements for the occurrence of a given species, based on pre-existing distribution data.

Evento: XXV Jornada de Pesquisa**ODS:** 15 - Vida terrestre

Thus, this research aimed to present a model of potential geographic distribution for the species of aphid *Sitobion avenae* (Fabricius) starting from its region of origin using an open access biodiversity database in order to discuss its ecological niche and the distribution of the species by regions of the European continent. The occurrence data were extracted from the database of the Global Biodiversity Information System (GBIF). Through the *WordClim* database, 19 bioclimatic variables were selected. The potential geographic distribution model was generated using the Maximum Entropy Distribution Modeling (*Maxent*) program, version 3.4.1. A total of 16 occurrence records for *Sitobion avenae* were obtained, with the period of records from Jul / 1981 to Jun / 2019. The model generated proved to be compatible with the occurrence records of the species considering the analyzed period, revealing a high probability for the occurrence of *S. avenae* by regions of the European continent. The distribution model generated enabled the identification of the ecological niche and the regions with the greatest potential for distribution for the species *S. avenae* on the European continent.

Keywords: *Sitobion avenae*, aphids, potential distribution, modeling

INTRODUÇÃO

Os afídeos, popularmente conhecidos como “piolhos” das plantas, são insetos sugadores fitófagos, de comprimento variável entre 2-3 mm, alimentando-se conforme a espécie, nos vértices vegetativos, folhas, raízes, colo radicular, caule e, em menor frequência, nas flores e frutos (ILHARCO, 1992). As espécies de pulgões se destacam na natureza por numerosos tipos de associações com plantas hospedeiras, complexos ciclos de vida, polimorfismo e capacidade para se reproduzir de forma assexuada e sexuadamente (WILLIAMS e DIXON, 2007; VERESHCHAGINA e GANDRABUR, 2016).

Dependendo da espécie, a preferência alimentar dos afídeos pode variar ao longo de seu ciclo biológico, como consequência muitas espécies apresentam alternância de hospedeiros de forma obrigatória ou facultativa (ILHARCO, 1992). A preferência alimentar entre as espécies de pulgões pode ser muito especializada, isto significa que, algumas espécies podem preferir somente a face inferior das folhas, outras a face superior, outras as nervuras centrais das folhas vegetais (ILHARCO, 1992).

O total de espécies de afídeos catalogadas somam 5000 espécies para todo o mundo (KELLER, 2006). Desse total, boa parte apresenta potencial como praga por afetar a produção agrícola de forma direta através de danos fisiológicos (FRANZEN et al., 2008), ou de forma indireta por meio da transmissão de vírus fitopatogênicos (GASSEN, 1984; LÚCIO-ZAVALETA et al., 2001; ZWIENER et al., 2005; LAU et al., 2008). Mais de 165 espécies de pulgões ao redor do mundo foram identificadas a partir de culturas agrícolas produtoras de cereais (BLACKMAN et al., 2000).

Sob o ponto de vista ecológico, segundo Ilharco (1992), muitas espécies de afídeos podem contribuir positivamente. Como no caso de espécies vegetais hospedeiras com elevado desenvolvimento, nas quais pequenas populações de afídeos não transmissoras de viroses, são capazes de beneficiar as plantas devido ao excesso de nitrogênio no solo. Também pode se destacar casos de antagonismo observado entre espécies de pulgões inofensivos a certas culturas, que quando presentes contribuem impedindo o desenvolvimento de espécies danosas. Além disso, há situações onde espécies de pulgões podem colaborar para a manutenção de formas adultas de predadores

Evento: XXV Jornada de Pesquisa

ODS: 15 - Vida terrestre

através da produção da substância açucarada que excretam, servindo de alimento para estes neste estágio de vida.

A espécie *Sitobion avenae* (Fabricius), popularmente conhecida como pulgão de grãos, se caracteriza como uma das principais pragas de cereais em escala global (HARRINGTON, 2007). A espécie sobrevive em muitas plantas da família Poaceae e apresenta certo grau de especialização em espécies produtoras de grãos como o trigo, cevada e aveia (BLACKMAN e EASTOP, 2008).

Para um adequado manejo das populações de espécies de pulgões se faz necessário, primeiramente, o entendimento de sua dinâmica populacional. No entanto, o conhecimento dessa dinâmica apresenta-se difícil devido à ocorrência de oscilações na densidade dos pulgões, geradas por fatores intrínsecos à população (fecundidade, mortalidade, taxa de migração) e extrínsecos (condições meteorológicas, principalmente temperatura, e qualidade da planta hospedeira) (KINDLMANN et al., 2007).

Em ecologia, o conceito de “nicho ecológico” é empregado para indicar padrões de riqueza e distribuição de espécies e, somado a outros fatores como ecológico, evolutivo e histórico, influenciam sobre seus padrões de distribuição (OLIVEIRA et al., 2017). Esse conceito pode ser aplicado para diferentes finalidades, como: conservação de espécies raras ou ameaçadas, identificação de impactos da mudança do clima, reintrodução de espécies, identificação de regiões com potencial para espécies invasoras, entre outras (FERRARO, 2017).

Desse modo, o método de modelagem preditiva de distribuição de espécies se caracteriza como uma ferramenta capaz de gerar uma representação das condições exigidas para a sobrevivência de uma ou várias espécies, através da combinação de dados de ocorrência com variáveis ambientais (ANDERSON, 2003). Desse modo, a modelagem de nicho ecológico pode auxiliar na identificação de requisitos para a ocorrência de uma determinada espécie, baseando-se em dados de distribuição pré-existent (AGUILAR e LADO, 2012). Assim, esta pesquisa teve por objetivo apresentar um modelo de distribuição geográfica potencial para a espécie de pulgão *Sitobion avenae* (Fabricius) a partir de sua região de origem utilizando um banco de dados sobre biodiversidade de acesso aberto a fim de discutir sobre seu nicho ecológico e a distribuição da espécie por regiões do continente europeu.

MATERIAL E MÉTODOS

Dados de ocorrência

Os dados contendo os registros de ocorrência da espécie foram obtidos junto ao banco de dados virtual do Sistema Global de Informação sobre Biodiversidade (GBIF). Como critério de seleção dos dados se definiu a seleção por continentes, sendo selecionado o continente europeu e todos os registros atualmente disponíveis para a espécie nessa região. A escolha do continente se deu devido a este se tratar da região de origem da espécie e por conta da existência de coordenadas geográficas para as coletas registradas no banco de dados.

Variáveis ambientais

Foram empregadas 19 variáveis bioclimáticas obtidas por meio de acesso ao banco de dados

Evento: XXV Jornada de Pesquisa

ODS: 15 - Vida terrestre

virtual do site *Worldclim*, onde são armazenados dados de alta resolução espacial de dados meteorológicos e climáticos (WORDCLIM, 2020). Essas variáveis são derivadas de valores mensais de temperatura e precipitação registradas ao longo do ano, sendo amplamente empregadas em estudos de modelagem de nicho ecológico (HIJMANS et al., 2005). As variáveis utilizadas foram: temperatura média anual, variação diurna média de temperatura, isothermalidade, sazonalidade da temperatura, temperatura máxima do mês mais quente, temperatura mínima do mês mais frio, amplitude térmica anual, temperatura média do trimestre mais úmido, temperatura média do trimestre mais seco, temperatura média do trimestre mais quente, temperatura média do trimestre mais frio, precipitação anual, precipitação do mês mais chuvoso, precipitação mês mais seco, sazonalidade da precipitação, precipitação do trimestre mais chuvoso, precipitação do trimestre mais seco, precipitação do trimestre mais quente e precipitação do trimestre mais frio.

Modelagem

O modelo de distribuição geográfica potencial de espécies foi gerado empregando-se o programa Maximum Entropy Distribution Modeling (*Maxent*), versão 3.4.1, elaborado por Phillips et al. (2006). O programa Maxent dispõe de um algoritmo capaz de estimar a probabilidade de ocorrência da espécie através da distribuição de probabilidade da máxima entropia e expõe a probabilidade de ocorrência em uma escala contínua de 0 a 1, possibilitando analisar as diferenças entre as áreas que a espécie se distribui (METZ, 1986; ELITH et al., 2011).

O modelo de máxima entropia capaz de estimar a probabilidade de ocorrência das espécies apresenta como base o cálculo de distribuição de máxima entropia (PHILLIPS; ANDERSON; SCHAPIRE, 2006):

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1$$

Para a o cálculo do índice AUC e o teste estatístico Jackknife foram utilizadas ferramentas de análise posterior disponíveis no programa Maxent. O Índice tem como finalidade estimar a precisão preditiva de modelos de distribuição baseados em dados de ocorrência de espécies. Desse modo, mensura o potencial de um modelo em selecionar locais de ocorrência de uma espécie em oposição aqueles onde a mesma não ocorre (BUNGER et al., 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do acesso ao banco de dados virtual do Sistema Global de Informação sobre Biodiversidade (GBIF) foram obtidos ao total 16 registros de ocorrência para a espécie de afídeo *Sitobion avenae*. Desses, datam-se os registros mais antigo e mais recente para, respectivamente, julho de 1981 e junho de 2019, totalizando 38 anos desde o primeiro até o último registro para a espécie na região. Todos os 16 registros derivam de ocorrências em três países do continente europeu, sendo: Bélgica, Países Baixos (Holanda) e Suécia. A observação humana foi o meio empregado para o registro de todas as 16 ocorrências.

Evento: XXV Jornada de Pesquisa

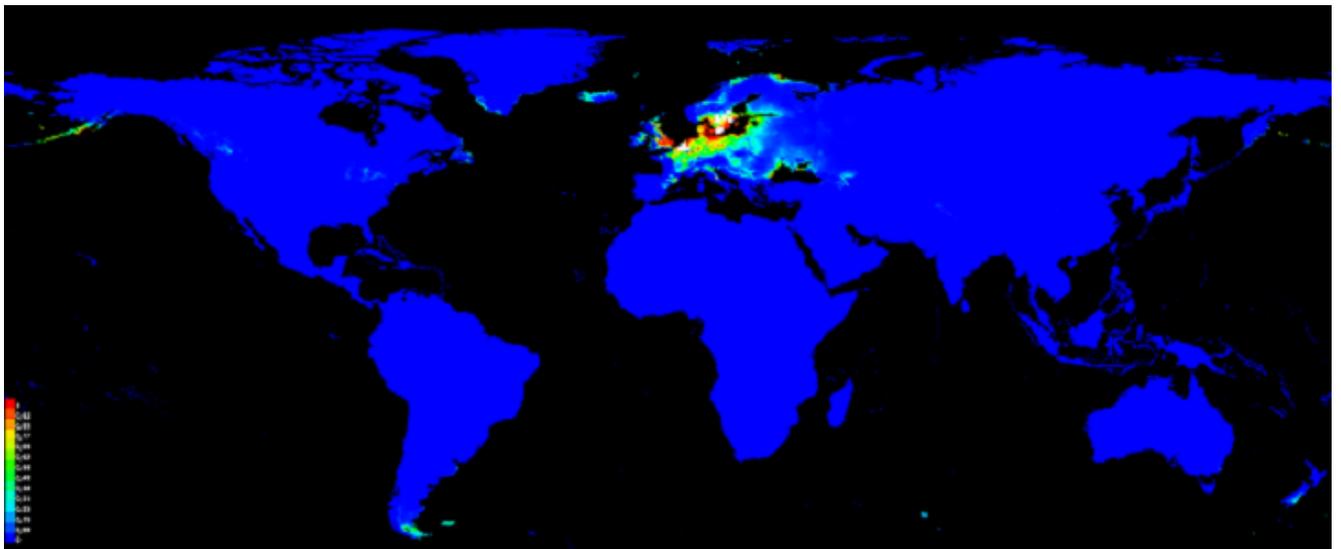
ODS: 15 - Vida terrestre

O modelo gerado através do software *Maxent* utilizando-se todos os pontos de ocorrência para a espécie *S. avenae* se mostrou compatível com os registros de ocorrência da espécie considerando-se o período analisado (Figura 1 e 2). A curva ROC do modelo gerado pelo algoritmo revelou valor de $AUC = 0,996$. Isso mostra que o modelo apresentou boa performance, dado que os valores de AUC obtidos indicam a qualidade do modelo.

Os valores de AUC podem ser classificados como excelente (1,0 – 0,9), bom (0,9 – 0,8), médio (0,8 – 0,7), ruim (0,7 – 0,6), e muito ruim (0,6 – 0,5) (METZ, 1986). Desse modo, valores de AUC mais próximos de 1 indicam as regiões de máxima entropia, sendo essas as áreas com nicho ecológico mais provável para a ocorrência da espécie considerando as variáveis bioclimáticas utilizadas no modelo (PHILLIPS et al., 2006).

De acordo com o modelo gerado, os valores de AUC considerados excelente (1,0 – 0,9) e bom (0,9 – 0,8) indicaram alta probabilidade para a ocorrência da espécie *Sitobion avenae* em regiões situadas em países do continente europeu, como: Reino Unido, França, Itália, Países Baixos, Alemanha, Dinamarca, Suécia, Polônia, Romênia e Bulgária (Figura 2).

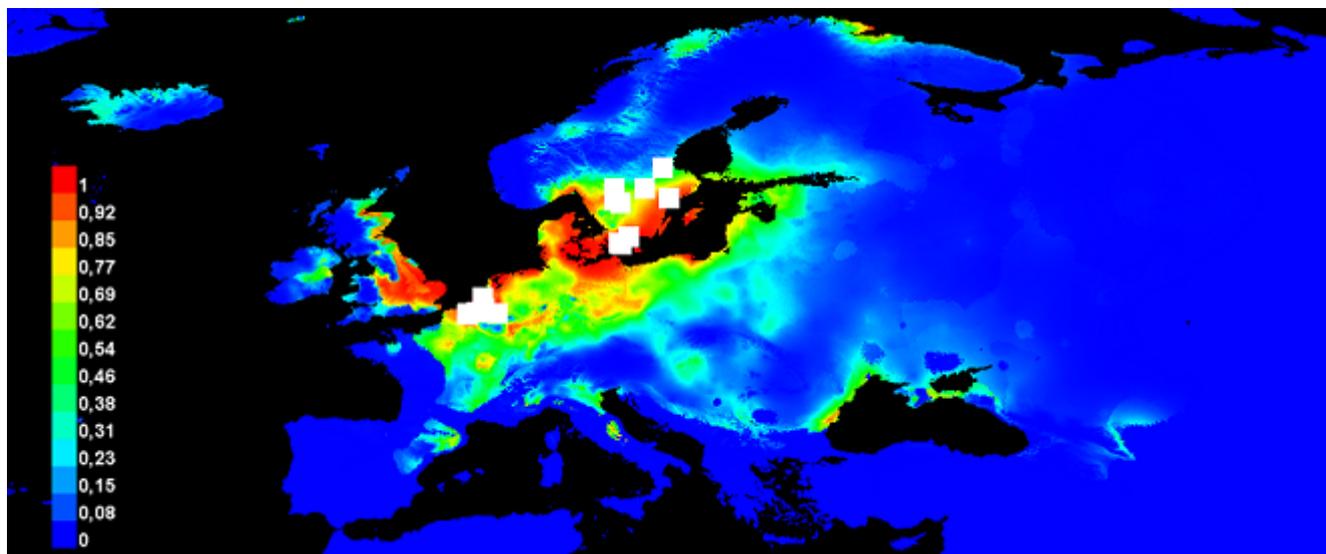
Figura 1. Mapa de distribuição geográfica potencial da espécie *Sitobion avenae* de acordo com a adequabilidade ambiental para o continente europeu.



Fonte: Maximum Entropy Distribution Modeling (*Maxent*), versão 3.4.1

Figura 2. Mapa de distribuição geográfica potencial da espécie *Sitobion avenae* de acordo com a adequabilidade ambiental contendo os pontos de ocorrência para o continente europeu.

Evento: XXV Jornada de Pesquisa
ODS: 15 - Vida terrestre



Fonte: Maximum Entropy Distribution Modeling (*Maxent*), versão 3.4.1

Espécies de pulgões dos cereais são registrados no continente europeu desde o século 18 (VICKERMAN e WRATTEN, 1979). Estudos agrônômicos relatam a ocorrência da espécie *S. avenae* em países como Nova Zelândia, Reino Unido, e em outros países europeus na década de 1970 associados à grandes surtos da espécie nesta região (SMITH, 1963; REMAUDIERE et al., 1976; VICKERMAN e WRATTEN, 1979).

As regiões de maior probabilidade de ocorrência reveladas pelo mapa de distribuição potencial gerado para a espécie *S. avenae* situam-se em países localizados em uma zona climática classificada como de clima temperado. De acordo com Ricklefs (2010), o clima nas latitudes temperadas apresenta temperaturas médias anuais no intervalo de 5° - 20° C, sendo o congelamento um fator relevante para as latitudes temperadas. A Floresta Sazonal Temperada é o bioma predominante na região e se caracteriza por apresentar condições de temperatura moderadas e invernos gelados.

A espécie de pulgão *S. avenae* pertence à família de afídeos Aphididae. De acordo com os estudos pioneiros de Kennedy e Stroyan (1959), este táxon se caracteriza como um grupo taxonômico que alcançou alto grau de sucesso evolutivo, e como pragas agrícolas devido a sua capacidade de exploração da flora de zonas temperadas. As espécies vegetais desta flora são hospedeiros altamente variáveis, com ciclos sazonais marcados e uma elevada diversidade de padrões de crescimento em verões longos e frescos. Sob a perspectiva agrônômica, os pulgões são notadamente prejudiciais em regiões geográficas que se situam sob zonas climáticas temperadas (STARY et al., 1988; DEDRYVER et al., 2008).

Os pulgões como grupo desenvolveram um modo de vida especializado, com capacidades de locomoção, reprodutivas e de hibernação presentes entre indivíduos de uma mesma espécie. Essa combinação de formas se dá graças a um sistema elaborado de polimorfismo no qual as formas alternativas diferem da mesma forma que as formas juvenis e adultas (KENNEDY e STROYAN, 1959). A plasticidade ecológica das populações de afídeos não é condicionada apenas por sua diversidade clonal, mas também pelo elevado grau de polimorfismo nas populações (BLACKMAN,

Evento: XXV Jornada de Pesquisa

ODS: 15 - Vida terrestre

1974; VERESHCHAGINA e GANDRABUR, 2016).

Além das condições ambientais, outro fator relevante capaz de influenciar a dispersão e ocorrência de espécies de pulgões como *S. avenae* em diferentes regiões, é à íntima relação de ligação desse grupo de insetos a seus hospedeiros vegetais (ILHARCO, 1992). Por sua vez, o clima, a topografia e o solo determinam a particularidade de mudança da vida vegetal e animal, tendo-se o clima como principal influente sobre as formas de crescimento e distribuição das plantas nos biomas (RICKLEFS, 2010).

A dispersão de uma espécie de pulgão relaciona-se com a dispersão do hospedeiro, contexto no qual as espécies polípagas apresentam maior potencial de dispersão devido a capacidade de manterem-se em diferentes espécies vegetais (ILHARCO, 1992). Desse modo, o comportamento migratório se apresenta como um fator influente sobre a dispersão e ocorrência para as espécies do grupo, contribuindo para sua redistribuição geográfica em vastas áreas de acordo com a ocorrência de hospedeiros da estação quente e fria (TAYLOR, 1977). Em geral, a população de pulgões de um determinado local resulta da migração de indivíduos alados migrantes de regiões distantes ou próximas (VICKERMAN e WRATTEN, 1979).

Juntamente com outras espécies pulgões, *S. avenae* pertence a um grupo com elevado potencial como praga agrícola (XU et al., 2011). Assim sendo, estudos de modelagem preditiva da distribuição geográfica de espécies a partir das condições ambientais dos locais de ocorrência se apresentam como ferramentas de análise importantes em estudos biológicos, pois podem ser empregados em projetos de conservação e planejamento de reservas, ecologia, evolução, epidemiologia, manejo de espécies invasoras, entre outras aplicações (CORSI et al., 2000), bem como para projetar estratégias ecológicas para o manejo de pragas agrícolas (BOURGUET et al., 2000).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi apresentar um modelo de distribuição geográfica potencial para a espécie de pulgão *Sitobion avenae* a partir de sua região de origem utilizando um banco de dados sobre biodiversidade de acesso aberto. Assim, foi possível identificar seu nicho ecológico e a distribuição da espécie, a qual ocorre em regiões do continente europeu.

O emprego da modelagem de distribuição potencial possibilita visualizar e compreender os padrões de distribuição de espécies em uma determinada região de interesse. Deve-se ressaltar a importância dos bancos de dados de acesso livre sobre biodiversidade e de softwares como *Maxent*, que, em conjunto se mostram como eficazes instrumentos para o desenvolvimento de estudos de modelagem preditiva.

REFERÊNCIAS

AGUILAR, María; LADO, Carlos. Ecological niche models reveal the importance of climate variability for the biogeography of protosteloid amoebae. **The ISME journal**, v. 6, n. 8, p. 1506-1514, 2012.

ANDERSON, Robert P.; LEW, Daniel; PETERSON, A. Townsend. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. **Ecological modelling**, v. 162, n. 3, p.

Evento: XXV Jornada de Pesquisa
ODS: 15 - Vida terrestre

211-232, 2003.

BLACKMAN, Roger L. et al. **Aphids on the world's crops: an identification and information guide.** John Wiley & Sons Ltd, 2000.

BLACKMAN, Roger L.; EASTOP, Victor F. **Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs, 2 volume set.** John Wiley & Sons, 2008.

BOURGUET, Denis et al. Host-plant diversity of the European corn borer *Ostrinia nubilalis*: what value for sustainable transgenic insecticidal Bt maize?. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 267, n. 1449, p. 1177-1184, 2000.

BÜNGER, Mariana de Oliveira et al. The evolutionary history of *Eugenia* sect. *Phyllocalyx* (Myrtaceae) corroborates historically stable areas in the southern Atlantic forests. **Annals of Botany**, v. 118, n. 7, p. 1209-1223, 2016.

CORSI, Fabio; DE LEEUW, Jan; SKIDMORE, Andrew. Modeling species distribution with GIS. **Research techniques in animal ecology**, p. 389-434, 2000.

DEDRYVER, C. A. et al. Seasonal and annual genotypic variation and the effect of climate on population genetic structure of the cereal aphid *Sitobion avenae* in northern France. **Bulletin of Entomological Research**, v. 98, n. 2, p. 159, 2008.

ELITH, Jane et al. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. **Diversity and distributions**, v. 17, n. 1, p. 43-57, 2011.

FERRARO, José Luís Schifino. Análise de conteúdo sobre o conceito de nicho ecológico: o que dizem os livros didáticos?. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 8, n. 5, p. 35-50, 2017.

FRANZEN, Lisa D. et al. Physiological responses of wheat and barley to Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Mordvilko) and bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi* (L.) (Hemiptera: Aphididae). **Arthropod-Plant Interactions**, v. 2, n. 4, p. 227-235, 2008.

GASSEN, Dirceu Neri. Insetos associados a cultura do trigo no Brasil. **Embrapa Trigo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 1984.

GBIF, Global Biodiversity Information Facility. Disponível em: <<https://www.gbif.org/pt/what-is-gbif>>. Acesso em 05/jul, 2020.

HARRINGTON, Richard et al. Monitoring and forecasting. In: **Aphids as crop pests.** CABI Publishing Wallingford, Oxfordshire, UK, 2007. p. 515-536.

HIJMANS, Robert J. et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 25, n. 15, p. 1965-1978, 2005.

ILHARCO, Fernando Albano. **Equilíbrio biológico de afídeos.** Fundação Calouste Gulbenkian,

Evento: XXV Jornada de Pesquisa
ODS: 15 - Vida terrestre

Lisboa, Portugal: 1992, 300p.

KELLER, Siegfried et al. Entomophthorales attacking aphids with a description of two new species. **Sydowia**, v. 58, n. 1, p. 38-74, 2006.

KENNEDY, J. S.; STROYAN, H. L. G. Biology of aphids. **Annual Review of Entomology**, v. 4, n. 1, p. 139-160, 1959.

KINDLMANN, Pavel; HULLÉ, Maurice; STADLER, Bernhard. Timing of dispersal: effect of ants on aphids. **Oecologia**, v. 152, n. 4, p. 625-631, 2007.

LAU, Douglas et al. Ocorrência do Barley/Cereal yellow dwarf virus e seus vetores em cereais de inverno no Rio Grande do Sul em 2007. **Embrapa Trigo-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2008.

LUCIO-ZAVALITA, E.; SMITH, D. M.; GRAY, S. M. Variation in transmission efficiency among Barley yellow dwarf virus-RMV isolates and clones of the normally inefficient aphid vector, *Rhopalosiphum padi*. **Phytopathology**, v. 91, n. 8, p. 792-796, 2001.

METZ, C.E. ROC methodology in radiologic imaging. **Investigational Radiology**. v. 21, p. 720-733, sep. 1986. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3095258>>

OLIVEIRA, André Luiz Sá de et al. Comparação e validação da modelagem espacial de riscos de incêndios considerando diferentes métodos de predição. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 23, n. 4, p. 556-577, 2017.

PHILLIPS, Steven J.; ANDERSON, Robert P.; SCHAPIRE, Robert E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological modelling**, v. 190, n. 3-4, p. 231-259, 2006.

REMAUDIÈRE, G. et al. Réflexions sur les récentes pullulations de pucerons sur les épis de céréales en France. 1976.

RICKLEFS, Robert Eric. **A economia da natureza**. 6ª ed. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2010. 572 p.

SMITH, Harvey C. Control of barley yellow dwarf virus in cereals. **New Zealand journal of agricultural research**, v. 6, n. 3-4, p. 229-244, 1963.

STARY, P.; MINKS, A. K.; HARREWIJIN, P. Aphids, their biology, natural enemies and control. 1987.

TAYLOR, L. R. APHID FORECASTING AND THE ROTHAMSTED INSECT SURVEY. 1977.

VERESHCHAGINA, A. B.; GANDRABUR, E. S. Variability in the developmental parameters of bird cherry–oat aphid *Rhopalosiphum padi* (L.)(Homoptera, Aphididae) clones during the life cycle as a genotypic adaptation. **Entomological Review**, v. 96, n. 8, p. 983-996, 2016.

Evento: XXV Jornada de Pesquisa

ODS: 15 - Vida terrestre

VICKERMAN, G. P.; WRATTEN, S. D. The biology and pest status of cereal aphids (Hemiptera: Aphididae) in Europe: a review. **Bulletin of Entomological Research**, v. 69, n. 1, p. 1-32, 1979.

XU, Z. H., CHEN, J. L., CHENG, D. F., SUN, J. R., LIU, Y., & FRANCES, F. Discovery of English grain aphid (Hemiptera: Aphididae) biotypes in China. **Journal of economic entomology**, v. 104, n. 3, p. 1080-1086, 2011.

ZWIENER, C. M. et al. Influence of aphid species and barley yellow dwarf virus on soft red winter wheat yield. **Journal of economic entomology**, v. 98, n. 6, p. 2013-2019, 2005.

WILLIAMS, Iain S.; DIXON, Anthony FG. Life cycles and polymorphism. **Aphids as crop pests**. Wallingford: CAB International, p. 69-85, 2007.

WORDCLIM, Global climate and weather data. Disponível em: <<https://worldclim.org/data/index.html>>. Acesso em 05/jul 2020.

Parecer CEUA: 3.464.553