

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS  
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO**

**Influência das mudanças climáticas na distribuição de vespas sociais Polistinae  
(Hymenoptera: Vespidae) no Brasil**

**HEMYLLY KARLA FARIAS LOPES**

**DOURADOS/MS  
DEZEMBRO 2021**

**HEMYLLY KARLA FARIAS LOPES**

**Influência das mudanças climáticas na distribuição de vespas sociais Polistinae  
(Hymenoptera: Vespidae) no Brasil**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado  
pela Banca Examinadora como requisito  
parcial para obtenção do título de Bacharel  
em Ciências Biológicas, da Universidade  
Federal da Grande Dourados.

Orientadora: Viviana de Oliveira Torres

Área de concentração: Zoologia

Aprovada em: 26 de novembro de 2021

**BANCA EXAMINADORA**

*Viviana de O. Torres*

---

Viviana de Oliveira Torres  
Presidente

*Denise Sguarizi Antonio*

---

Denise Sguarizi Antonio  
Membro

*Kamylla Balbuena Michelutti*

---

Kamylla Balbuena Michelutti  
Membro

1 **Influência das mudanças climáticas na distribuição de vespas sociais Polistinae**  
2 **(Hymenoptera: Vespidae) no Brasil**

3

4 Hemyly K F Lopes<sup>1</sup>, Anieli S Almeida<sup>1</sup>, Marcelo L Bueno<sup>2</sup> Viviana O Torres<sup>3</sup>

5 <sup>1</sup>Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Biológicas e  
6 Ambientais, Curso de Ciências Biológicas, Laboratório de Estudo de Vespas Sociais,  
7 Dourados, Mato Grosso do sul, Brasil.

8 <sup>2</sup>Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Mundo Novo,  
9 Mundo Novo, Mato Grosso do sul, Brasil.

10 <sup>3</sup>Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Biológicas e  
11 Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da  
12 Biodiversidade, Laboratório de Estudo de Vespas Sociais, Dourados, Mato Grosso do sul,  
13 Brasil.

14 Autor correspondente: [hemyly\\_lopes2011@hotmail.com](mailto:hemyly_lopes2011@hotmail.com)

15

16 **Resumo:** As vespas sociais no Brasil são representadas pela subfamília Polistinae,  
17 com mais de 300 espécies, distribuídas em 22 gêneros. Estas espécies atuam como  
18 importantes predadores de outros insetos, considerados pragas agrícolas e suas  
19 populações são sensíveis às perturbações ambientais. Logo, diante do acelerado  
20 aquecimento do planeta que afeta a distribuição das espécies as modelagens ecológicas  
21 estão sendo utilizadas para prever impactos futuros. Portanto, este estudo objetivou  
22 avaliar a influência de mudanças climáticas futuras na ocorrência de espécies de vespas  
23 sociais no Brasil. Nossos resultados mostraram que as vespas de fundação independente  
24 e fundação por enxameagem serão inicialmente afetadas de forma positiva, com um

25 aumento das áreas de nicho ecológico, mas que a longo prazo essas áreas podem não  
26 apresentar características favoráveis para o desenvolvimento destes insetos. Uma vez que  
27 essas espécies ocupam níveis tróficos superiores como predadores e generalistas, esses  
28 hábitos podem contribuir para um aumento na amplitude de ocorrência das espécies.  
29 Dessa forma, são necessários estudos que avaliem diretamente alterações  
30 comportamentais, fisiológicas, produtividade colonial e de comunicação entre as  
31 espécies.

32 **Palavras-chave:** fundação por enxameagem, fundação independente, *Polistes*.

33

34 **Abstract:** Social wasps in Brazil are represented by the subfamily Polistinae, with  
35 more than 300 species, distributed in 22 genera. These species act as important predators  
36 of other insects and their populations are sensitive to environmental disturbances.  
37 Therefore, given the accelerated global warming that affects the distribution of species,  
38 ecological models are being used to predict future impacts. Therefore, this study aimed  
39 to evaluate the influence of future climate change on the occurrence of social wasp species  
40 in Brazil. Our results showed that independent founding and swarm founding wasps will  
41 initially be positively affected, with an increase in ecological niche areas, but that in the  
42 long term these areas may not be of high suitability. Since these species occupy higher  
43 trophic levels as predators and generalists, these habits can contribute to an increase in  
44 the range of occurrence of the species and, therefore, studies that directly assess  
45 behavioral, physiology, colonial productivity and communication changes among species  
46 are needed.

47

48 **Keywords:** Independent founding, *Polistes*, Swarm founding.

49 O manuscrito encontra-se nas normas do periódico Sociobiology. E as normas podem ser  
50 encontradas no link: <http://periodicos.uefs.br/index.php/sociobiology/about/submissions>

51

52

## 53 **INTRODUÇÃO**

54

55 As vespas sociais pertencem à ordem Hymenoptera e família Vespidae, composta  
56 por seis subfamílias, e representadas por 26 gêneros e 958 espécies (Pickett & Carpenter,  
57 2010). Dentro de Vespidae, destaca-se a subfamília Polistinae que apesar de possuir uma  
58 distribuição cosmopolita, sua maior diversidade está concentrada na região Neotropical,  
59 apresentando interações complexas com outros organismos e tornando-se importantes nos  
60 ecossistemas tropicais (Silveira et al., 2012). Só no Brasil já foram registradas mais de  
61 300 espécies, o que representa cerca de um terço da diversidade conhecida, as quais estão  
62 distribuídas em 22 gêneros (Carpenter & Marques, 2001).

63 Estas vespas sociais constituem elementos característicos da fauna neotropical de  
64 insetos (Silveira, 2002) atuando no equilíbrio trófico dos ecossistemas (Prezoto et al.,  
65 2008), como predadores de insetos praga (Prezoto & Machado, 1999), polinizadores  
66 (Clemente et al., 2013), além de serem importantes para a compreensão da evolução do  
67 comportamento social. Além disso, as populações de vespas sociais são sensíveis às  
68 perturbações ambientais e propensas a extinções (LaSalle & Gauld, 1993), logo  
69 potencialmente importantes para utilização como bioindicadoras de alterações ambientais  
70 e climáticas (Morato & Campos, 2000).

71 Esta subfamília é dividida em dois grandes grupos: as espécies de fundação por  
72 enxameagem e as espécies de fundação independente (Jeanne, 1980). Na fundação por  
73 enxameagem, representada pelas espécies de Epiponini, novas colônias são fundadas por  
74 enxame com milhares de fêmeas, enquanto nas tribos Mischocyttarini e Polistini as

75 colônias são fundadas por uma fêmea (haplometrose) ou mais fêmeas (pleometrose).  
76 (Jeanne, 1980).

77 Os relatórios divulgados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças  
78 Climáticas (IPCC, 2014; Eyring et al., 2016), alertam sobre as consequências do  
79 acelerado aquecimento do planeta, que poderá afetar diretamente a distribuição de muitas  
80 espécies, além dos seus processos de migração, dispersão, reprodução e polinização  
81 (Bradshaw et al., 2009). Portanto, nos últimos anos estudos de modelagem de nicho  
82 ecológico vêm crescendo exponencialmente (Parmesan, 2006), sendo a principal  
83 ferramenta utilizada para avaliar os impactos das mudanças climáticas sobre a  
84 biodiversidade global (Guisan & Zimmermann, 2000; Guisan & Thuiller, 2005). Essa  
85 técnica é baseada em algoritmos capazes de correlacionar dados de ocorrência das  
86 espécies com variáveis climáticas (Loyola et al., 2013) e prever os ambientes  
87 adequados, no qual as populações serão capazes de se manter viáveis ao longo do tempo  
88 (Guisan & Zimmermann, 2000; Guisan & Thuiller, 2005).

89 Lawton (1983) e Santos et al. (2007) demonstraram que ambientes com estrutura  
90 mais complexa possibilitam o estabelecimento e sobrevivência de mais espécies de  
91 vespas sociais, no qual a vegetação exerce influência direta nas comunidades de vespas  
92 sociais, fornecendo suporte para a nidificação e recursos alimentares, e afeta  
93 indiretamente essas comunidades pelas variações causadas na temperatura, umidade do  
94 ar e quantidade de sombra do ambiente. Dessa forma, a conservação de espécies exige  
95 tanto do conhecimento detalhado sobre sua história natural e sua biologia quanto de  
96 informações sobre a sua distribuição geográfica (Lomolino, 2004; Whittaker et al., 2005),  
97 uma vez que essas informações indicam as necessidades básicas de sobrevivência da  
98 espécie. Portanto, os modelos de distribuição de nicho ecológico podem ser importantes  
99 ferramentas para investigar padrões e processos biogeográficos, possibilitando a previsão

100 da distribuição geográfica de espécies a partir de dados de ocorrência (Guisan & Thuiller,  
101 2005).

102 Assim, compreender e avaliar as mudanças climáticas futuras, é extremamente  
103 importante (Souza et al., 2011) para: fazer previsões sobre impactos futuros dessas  
104 alterações na biodiversidade (Pearson & Dawson, 2003; Thuiller et al., 2005; Carnaval &  
105 Moritz, 2008); inferir sobre as interferências das mudanças climáticas em tempos  
106 pretéritos na distribuição das espécies e para estabelecer e delimitar áreas com prioridade  
107 para a conservação (Hannah et al., 2007; Loyola et al., 2013). Por fim, destaca-se que  
108 este será um trabalho inédito para o grupo de vespas sociais utilizando essas ferramentas  
109 metodológicas com abordagem ecológica, visando compreender os efeitos das mudanças  
110 climáticas futuras. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de  
111 mudanças climáticas futuras na ocorrência de espécies de vespas sociais pertencentes à  
112 subfamília Polistinae no Brasil.

113

## 114 **MATERIAL E MÉTODOS**

115 Definimos como área de estudo o espaço geográfico correspondente a toda área  
116 do Brasil e os dados sobre os locais de ocorrência de vespas sociais da subfamília  
117 Polistinae foram obtidos pelo site Global Biodiversity Information Facility (GBIF) e  
118 também por buscas de artigos científicos pelo site do Web of Science, Scielo e Portal  
119 CAPES, além de teses e dissertações em bancos de dados de Universidades brasileiras.  
120 Portanto, nossos dados são de domínio público, disponíveis de forma livre e foram  
121 submetidos a uma checagem para verificação de existência de dados duplicados e  
122 incoerências relacionadas à distribuição geográfica das espécies.

123 Para a determinação dos modelos de distribuição potencial das espécies no  
124 presente, selecionamos um conjunto de 19 variáveis bioclimáticas, disponível na base de  
125 dados Worldclim, com uma resolução espacial de aproximadamente 1 km (Hijmans et

126 al., 2005). As variáveis que não apresentaram multicolinearidade, realizado por meio da  
127 análise de Fatores de Inflação da Variância (VIF) e aquelas altamente autocorrelacionadas  
128 entre si ( $VIF > 10$ ) foram removidas do modelo (Dormann et al., 2013).

129 Para os cenários de 2050 e 2070, utilizamos as projeções do CMIP5 (Taylor,  
130 2009), a base para o 5º Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental para  
131 Mudanças Climáticas (IPCC Fifth Assessment Report) (Taylor et al., 2012; IPCC, 2014).  
132 Para avaliar as áreas de adequabilidade ambiental em cenários futuros, utilizamos dois  
133 modelos - os Representative Concentration Pathways: um otimista, RCP4.5 (estabilização  
134 das emissões) e um cenário pessimista, o RCP8.5 (aumento das emissões) (Meinshausen  
135 et al., 2011; IPCC, 2014) projetados para os períodos de 2050 (média para 2041-2060) e  
136 2070 (média para 2061-2080). O cenário otimista prevê um aumento na concentração  
137 atmosférica de  $CO_2$  de 0,5% ao ano e uma variação média de temperatura de até 2°C. Já  
138 o cenário pessimista prevê um aumento de até 1% nos índices de  $CO_2$  e uma variação  
139 média na temperatura  $\geq 4^\circ C$  (IPCC, 2014; Eyring et al., 2016).

140 Para a modelagem utilizamos a técnica Ensemble Forecasting, implementada no  
141 pacote Species Distribution Modelling (SDM) (Naimi & Araújo, 2016), que permite  
142 combinar diferentes modelos climáticos e algoritmos gerando um mapa de consenso. A  
143 técnica reduz a incerteza dos modelos separados e faz um balanço da acurácia, podendo  
144 tornar mais robusta a análise (Araújo & New, 2007). Para o ensemble foram utilizados  
145 modelos gerados com os algoritmos Modelo Linear Generalizado (GLM Generalized  
146 Linear Model), RF (Random Forest) e o Maxent (Maximum Entropy) e para cada um dos  
147 modelos foram feitas 10 replicações com o método subsampling, totalizando 40 modelos  
148 diferentes para cada cenário, presente e futuro.

149 Para incluir a pseudoausência (background) nos modelos foram gerados  
150 aleatoriamente 1000 pontos (Barbet-Massin et al., 2012). Para os testes dos modelos foi  
151 usada uma parcela de 30% das observações implementados no pacote sdm. Para os



152 modelos finais dos cenários, foi utilizado o ensemble pelo método weighted averagin com  
153 a TSS. Todo processamento de dados para a modelagem, a criação dos modelos e demais  
154 análises foram feitos no aplicativo R versão 4.1.1 (R Development Core Team, 2021). Os  
155 layouts finais dos mapas foram realizados no software QGIS v. 3.16 (QGIS Development  
156 Team, 2020).

157 A diferença entre a distribuição potencial das espécies, no presente e as áreas de  
158 adequabilidade das projeções futuras foram utilizadas para prever os percentuais de  
159 perda de habitats, nos cenários de 2021-2050 e 2050-2070, e os possíveis riscos de  
160 extinção associados.

161

## 162 **RESULTADOS**

163 A ocorrência de espécies de vespas sociais Polistinae no Brasil a partir da busca  
164 de dados resultou em mais de 3.794 registros, distribuídos em vários pontos do país, cuja  
165 representação está apresentada na (Fig. 1), com registros para espécies de fundação  
166 independente (FI) em 1A e espécies de fundação por enxameagem (FE) em 1B. Podemos  
167 perceber que a grande maioria dos pontos registrados apresentam tanto espécies de FI  
168 quanto de FE, com algumas exceções: dois pontos no Estado de Mato Grosso, três no  
169 Pará, um no Rio Grande do Sul e um no Ceará em que apenas espécies FE foram  
170 registradas. Além de maior concentração de FE em São Paulo e de FI no Mato Grosso do  
171 Sul.

172 É possível observar que somente os Estados do Amapá, Sergipe, Espírito Santo e  
173 Santa Catarina não tiveram espécies de vespas sociais registradas. A maior quantidade de  
174 registros está concentrada nas áreas de Cerrado e Mata Atlântica, seguida pela Caatinga  
175 e áreas pontuais da Amazônia; enquanto Pantanal e Pampas praticamente não possuem  
176 registros (Fig. 1a, b).

177 Das 19 variáveis ambientais disponíveis na base de dados WorldClim, foram  
178 utilizadas pelos modelos apenas oito que apresentaram os menores valores de correlação  
179 (<10), estabelecidos através do VIF. As variáveis utilizadas como preditoras de nicho  
180 ecológico das vespas sociais foram: Temperatura máxima do mês mais quente (bio\_5);  
181 Temperatura mínima do mês mais frio (bio\_6); Amplitude da temperatura anual (bio\_7);  
182 Temperatura média do trimestre mais seco (bio\_10); Temperatura média do trimestre  
183 mais frio (bio\_11); Precipitação anual (bio\_12); Precipitação do mês mais seco (bio\_14);  
184 e Precipitação do trimestre mais quente (bio 18).

185 As variáveis mais importantes para a predição das áreas de adequabilidade com o  
186 uso da métrica de AUC (Area under the ROC Curve) foram: a bio\_10 (47,4%), bio\_14  
187 (38,2%) e bio\_12 (31,2%) (Fig. 2), indicando uma boa resposta dos modelos em predizer  
188 as preferências climáticas das espécies de vespas.

189 O padrão de distribuição observado atualmente para as espécies de FI (Fig. 3)  
190 demonstra que áreas de Cerrado e Mata Atlântica, além de uma pequena porção da  
191 Amazônia apresentam hoje condições de alta adequabilidade de nicho ecológico para  
192 essas espécies. As projeções para 2050 no cenário otimista (RCP 4.5) prevê um aumento  
193 das áreas de adequabilidade para espécies de FI (Fig. 3a), e posteriormente essas áreas  
194 tendem a manter-se expandidas (Fig. 3b,c e d), uma vez que os mapas apontam menor  
195 quantidade de áreas em azul, que representam menor adequabilidade. Portanto, um  
196 aumento da temperatura pode favorecer inicialmente a distribuição das espécies de FI.

197 Analisando a (Fig. 4) é possível identificar que a adequabilidade do nicho  
198 ecológico atual para as espécies de FE está concentrada nos biomas Cerrado e Mata  
199 Atlântica e uma pequena área da Amazônia. No cenário otimista, com variação de até 2°C  
200 para 2050 (Fig. 4a) apesar de diminuir as áreas em vermelho (alta adequabilidade) é  
201 possível notar uma expansão nas áreas de adequabilidade média observadas pela  
202 expansão das áreas em amarelo e alaranjado, com consequente diminuição das áreas em

203 azul (Fig. 4 b,c e d). Os cenários posteriores para 2070 (Fig. 4B) e também para um  
204 cenário pessimista (Fig. 4 c e d), essas áreas tendem a se manter estabilizadas, o que indica  
205 que as espécies de FE podem ser positivamente afetadas pelo aumento da temperatura.

206

## 207 **DISCUSSÃO**

208 Nossos resultados demonstram que as alterações climáticas futuras afetam a  
209 distribuição das espécies de vespas sociais, sendo as espécies inicialmente favorecidas  
210 pelo aumento da temperatura (Fig. 3 e 4). Apesar da especificidade dos habitats de  
211 nidificação, que algumas espécies requerem, como por exemplo condições de forma e  
212 arranjo de folhas específicos disponíveis na estrutura da vegetação (Dejean et al., 1998;  
213 Francisco et al., 2018), como no caso de *Apoica flavissima* que constroem seus ninhos  
214 utilizando fibras vegetais e secreção oral de apenas uma espécie de planta (Yamane et al.,  
215 2009); enquanto outras espécies podem ser extremamente generalistas.

216 As espécies enxameadoras constroem ninhos de grandes dimensões com até  
217 milhares de indivíduos, enquanto as espécies de fundação independente são menores e  
218 mais conspícuas (Carpenter & Marques, 2001). Segundo estes autores até a agressividade  
219 da colônia pode ser afetada pelo tamanho do ninho, uma vez que colônias maiores são  
220 mais agressivas.

221 As vespas sociais podem nidificar em ambientes naturais disponíveis, utilizando  
222 substratos como em folhas, caules ocos de árvores, cupinzeiros abandonados, ramos  
223 vegetais, frestas em rochas ou cavidades naturais no solo (Carpenter & Marques, 2001),  
224 porém, em áreas urbanas as colônias são frequentemente encontradas em estruturas  
225 artificiais, o que aponta para um alto grau de sinantropismo em algumas espécies  
226 (Alvarenga et al., 2010). Dessa forma, muitas espécies podem se adequar à presença

227 humana, especialmente espécies de FI que são comumente encontradas no ambiente  
228 urbano e possuem colônias menores e menos numerosas.

229 As pesquisas atuais fornecem evidências de que as mudanças climáticas são uma  
230 ameaça à diversidade de espécies no planeta (Salazar et al., 2007; Dejean et al., 2011;  
231 Warren et al., 2018), trabalhos estes que mostram como a distribuição das espécies será  
232 afetada ou, contudo algumas espécies podem encontrar oportunidades para ocupar  
233 ambientes diante da diminuição de outras. Arribas et al. (2016) indicam que as mudanças  
234 climáticas provocam redução na diversidade de insetos, uma vez que a redução de habitats  
235 e a resposta das espécies às alterações são os principais fatores de extinção, contudo,  
236 destacam também que há muitos grupos sem estudos desses impactos, como é o caso das  
237 vespas sociais.

238 Dejean et al. (2011) verificaram que a frequência de ninhos de vespas sociais na  
239 Guiana Francesa entre 1997 e 2009 diminuiu, provavelmente relacionado a temperaturas  
240 mais elevadas no decorrer do estudo, associadas a períodos de chuvas fortes no início da  
241 estação chuvosa que contrasta com a estação seca anterior. Os autores demonstraram uma  
242 redução na resistência das vespas à parasitoides e patógenos e concluíram que as vespas  
243 sociais são potenciais bioindicadores, que permitem detectar mudanças ainda não  
244 perceptíveis em plantas ou outros animais.

245 Desse modo, a vida em sociedade é influenciada pela presença de parasita e  
246 patógenos, uma vez que a vida em grupo favorece a transmissão da infecção entre  
247 companheiros de ninho. Nesse sentido, colônias de *Polybia occidentalis* comumente  
248 infectadas por protistas gregarinas (Filo Apicomplexa: Ordem Eugregarinida) tiveram sua  
249 produtividade afetada, uma vez que produziram menos células de cria e menor biomassa  
250 per capita, quando comparada àquelas não infectadas ou levemente infectadas (Bouwma  
251 et al, 2005).

252 Dentre os fatores climáticos que afetam diretamente o sucesso das colônias de  
253 vespas sociais destacam-se a temperatura, a umidade e a luminosidade, as quais  
254 influenciam diretamente na atividade de forrageamento (Ribeiro et al., 2006; Elisei et al.,  
255 2008; Rocha et al., 2009). Colônias da vespa social *Polybia paulista* apresentaram  
256 aumento no número de forrageadoras à medida que a temperatura aumenta, resultado da  
257 maior necessidade de coleta de água que é utilizada na construção e resfriamento do ninho  
258 além de processos metabólicos. Portanto, o aumento da temperatura que é decorrente das  
259 alterações climáticas poderá levar a um aumento da atividade forrageadora nas espécies  
260 de vespas sociais.

261 Além do aumento da coleta de água quando o ninho sobreaquece as operárias  
262 também vibram suas asas para aumentar a ventilação do ninho (Jeanne, 1991), que  
263 combinada à presença de gotículas de água permite o resfriamento por evaporação na  
264 colônia. Portanto, um aumento drástico na temperatura ambiental afeta diretamente na  
265 atividade de forrageamento de água nas colônias de vespas sociais.

266 Além disso, o aumento da temperatura pode influenciar na taxa de mortalidade  
267 das operárias. No trabalho de Michelutti et al. (2018) foi demonstrado que a taxa de  
268 sobrevivência de operárias de três espécies de vespas sociais diminui quando a  
269 temperatura fica entre 30-35 °C e que todas as operárias morrem quando a temperatura é  
270 de 40°C. Logo, as alterações climáticas previstas podem afetar diretamente a  
271 sobrevivência das operárias de todas as espécies de vespas sociais.

272 Ademais Michelutti et al. (2018) relataram que operárias submetidas à altas  
273 temperaturas sofrem mudanças no perfil químico cuticular, havendo aumento no número  
274 de alcanos lineares e conseqüente diminuição no número de alcanos ramificados que  
275 formam a composição cuticular. Blomquist & Bagnères (2010) discutem a capacidade da  
276 cutícula dos insetos de se reestruturar a fim de resistir à dessecação. Dessa forma,

277 sugerimos que as espécies podem ser capazes de alterar a composição química cuticular  
278 para se adequar a um clima com temperaturas mais altas.

279         Compreender estratégias de termorregulação de vespas sociais é importante para  
280 compreender os futuros efeitos que as mudanças climáticas possam ter sobre as  
281 populações de organismos ao redor do globo (Balínt et al., 2011). As vespas sociais  
282 ocupam níveis tróficos superiores como predadores de outros insetos e podem ser afetadas  
283 pelas alterações climáticas, entretanto, como a maioria das espécies são generalistas e  
284 possuem ampla distribuição geográfica, este grupo pode experimentar uma fragmentação  
285 de sua extensão de ocorrência, como demonstrado por nossos resultados. Dessa forma,  
286 tornam-se importantes estudos à longo prazo para avaliar o efeito das mudanças  
287 climáticas sobre a ocorrência das espécies de vespas sociais no Brasil. E assim,  
288 possibilitar um olhar atento, sobre àquelas regiões que serão mais prejudicadas.

289         Nossos resultados permitem concluir que as colônias de vespas sociais serão  
290 influenciadas pelos fatores climáticos ambientais, apresentando áreas de expansão, uma  
291 vez que eles afetam a taxa de forrageamento e conseqüentemente levam a variações  
292 comportamentais, fisiológicas na produtividade colonial, inclusive sobrevivência dos  
293 indivíduos e até a comunicação. Dessa forma, sugerimos estudos futuros que avaliem  
294 diretamente alterações comportamentais, de produtividade e de comunicação entre as  
295 espécies, uma vez que elas ocupam níveis tróficos superiores como predadores e  
296 generalistas, hábitos que podem contribuir para um aumento na amplitude de ocorrência  
297 das espécies.

298

## 299         **AGRADECIMENTOS**

300         Agradecemos a todos os autores que participaram ativamente da produção deste  
301 artigo. A Universidade Federal da Grande Dourados pelo apoio estrutural à pesquisa e ao

302 Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela bolsa  
303 concedida à segunda autora.

304

### 305 **CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES**

306 HKFL: Coleta de dados, análise formal e escrita.

307 ASA: Coleta de dados, escrita.

308 MLB: Conceituação, metodologia, análise estatística, processamento de dados.

309 VOT: Conceituação, metodologia, análise formal, escrita.

310

311

### 312 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

313

314 Alvarenga, R.D., De Castro, M.M., Santos-Prezoto, H.H. & Prezoto, F. (2010).  
315 Nesting of social wasps (Hymenoptera, Vespidae) in urban gardens in Southeastern  
316 Brazil. *Sociobiology*, 55: 445-452. DOI: 10.13102/sociobiology.v64i1.1073

317 Araújo, M.B. & New, M. (2007). Ensemble forecasting of species  
318 distributions. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(1): 42-47, doi:  
319 10.1016/j.tree.2006.09.010Araújo, M.B., Alagador, D., Cabeza, M., Nogues-Bravo, D. &  
320 Thuiller, W. (2011). Climate change threatens European conservation areas. *Ecology*  
321 *Letters*, 14: 484-492. doi: 10.1111/j.1461-0248.2011.01610.x

322 Arribas, P., Abellán, P., Velasco, J., Millán, A. & Sánchez-Fernandez, D. (2016).  
323 Conservation of insects in the face of global climate change. In: Johson, S. N. & T. Hefin  
324 Jones (eds). *Global Climate Change and Terrestrial Invertebrates* (pp. 349-376). John  
325 Wiley & Sons Ltda, doi: 10.1002/9781119070894.ch17

326 Balínt, M., Domisch, S., Engelhardt, C.H.M., Haase, P., Lehrian, S., Sauer, J.,  
327 Theissinger, K., Pauls, S.U. & Nowak, C. (2011). Crypt biodiversity loss linked to global  
328 climate change. *Nature Climate Change*, 1: 313-318. doi: 10.1038/nclimate1191

329 Barbet-Massin, M., Jiguet, F., Albert, C.H., & Thuiller, W. (2012). Selecting  
330 pseudo-absences for species distribution models: how, where and how many? *Methods*  
331 *in Ecology and Evolution*, 3(2): 327-338. doi: 10.1111/j.2041-210X.2011.00172.x

332 Blomquist, G.J. & Bagnères, A.G. (2010). Insect hydrocarbons biology,  
333 biochemistry, and chemical ecology. Cambridge University Press, New York. 492p.

334 Bouwma, A.M, Howard K.J. & Jeanne, R.L. (2005). Parasitism in a social wasp:  
335 effect of gregarines on foraging behavior, colony productivity, and adult mortality.  
336 Behavioral Ecology and Sociobiology, 59: 222-233, doi: 10.1007/s00265-005-0028-5.

337 Bradshaw, C.J., Sodhi, N.S. & Brook, B.W. (2009). Tropical turmoil: a  
338 biodiversity 23 tragedy in progress. Frontiers in Ecology and the Environment, 7: 79–87.  
339 doi: 10.1890/070193

340 Carnaval, A.C. & Moritz, C. (2008). Historical climate modelling predicts patterns  
341 of current biodiversity in the Brazilian Atlantic Forest. Journal of Biogeography, 35:  
342 1187-1201. doi: 10.1111/j.1365-2699.2007.01870.x

343 Carpenter, J.M. & Marques, O.M. (2001). Contribuição ao estudo dos vespídeos  
344 do Brasil (Insecta, Hymenoptera, Vespoidea, Vespidae). Departamento de  
345 Fitotecnia/Mestrado em Ciências Agrárias. UFBA, Série Publicações Digitais, 2. 147p.

346 Clemente, M.A., Lange, D., Dáttilo, W., Del-Claro, K. & Prezoto, F. (2013).  
347 Social wasp-flower visiting guild interactions in less structurally complex habitats are  
348 more susceptible to local extinction. Sociobiology, 60: 337-344. doi: 10.13102/  
349 sociobiology.v60i3.337-344.

350 Dejean, A., Corbara, B. & Carpenter, J.M. (1998). Nesting site selection by wasps  
351 in the Guianese rain forest.. Insectes Sociaux, 45: 33-41.

352 Dejean, A., Ce´re´ghino, R., Carpenter, J.M., Corbara, B., He´rault B, et al. (2011)  
353 Climate Change Impact on Neotropical Social Wasps. PLoS ONE 6(11): e27004. doi:  
354 10.1371/journal.pone.0027004

355 Dormann, C.F., Elith, J., Bache, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G.,  
356 Marquéz, J.R.G., Gruber, B., Lafourcade, B., Leitão, P.J., Münkemüller, T., McClean, C.,  
357 Osborne, P.E., Reineking, B., Schröder, B., Skidmore, A.K., Zurell, D. &  
358 Lautenbach, S. (2013). Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation  
359 study evaluating their performance. Ecography, 36: 27-46, doi: 10.1111/j.1600-  
360 0587.2012.07348.x

361 Elisei, T., Guimaraes, D.L., Junior et al. C. R. (2008). Influence of environmental  
362 factors on the foraging activity of the paper wasp *Polistes simillimus* (Hymenoptera,  
363 Vespidae). Sociobiology, 51(1): 219–230.

364 Eyring, V., Bony, S., Meehl, G.A., Senior, C.A., Stevens, B., Stouffer, R.J. &  
365 Taylor, K E. (2016). Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6



366 (CMIP6) experimental design and organization. *Geoscientific Model Development*, 9,  
367 1937-1958, doi:10.5194/gmd-9-1937-2016.

368 Francisco, G.S., Souza, M.M., Clemente, M.A. & Brunismann, A.G. (2018).  
369 Substrato vegetal utilizado para nidificação de vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae)  
370 em Floresta Decidual. *Revista Agrogeoambiental*, 10(3): 35-45, doi: 10.18406/2316-  
371 1817v10n320181162

372 GBIF - Global Biodiversity Information Facility. *Cedrela fissilis* data. [access in:  
373 9 marc. 2020]. Available at: <https://www.gbif.org/occurrence/search?q=Vespidae>

374 Guisan, A. & Zimmermann, N.E. (2000). Predictive habitat distribution models in  
375 ecology. *Ecological Modelling*, 135: 147-186, doi: 10.1016/S0304-3800(00)00354-9

376 Guisan, A. & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more  
377 than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8: 993-1009, doi: 10.1111/j.1461-  
378 0248.2005.00792.x

379 Hannah, L., Midgley, G., Anelman, S., Araújo, M., Hughes, G., Martinez-Meyer,  
380 E., Pearson, R. & Williams, P. (2007). Protected area needs in a changing climate.  
381 *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5: 131-138, doi: 10.1890/1540-  
382 9295(2007)5[131:PANIAC]2.0.CO;2

383 Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G. & Jarvis, A. (2005). Very  
384 high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal*  
385 *of Climatology*, 25(15): 1965-1978, doi: 10.1002/joc.1276

386 IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working  
387 Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on  
388 Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC,  
389 Geneva, Switzerland, 151 pp.

390 Jeanne, R.L. (1980). Evolution of social behavior in the Vespidae. *Annual Review*  
391 *of Entomology*, 25: 371-396, doi: 10.1146/annurev.en.25.010180.002103

392 Jeanne, R.L. (1991). The swarm-founding Polistinae. In: Ross, K.G. & R.W.  
393 Matthews (eds.). *The social Biology of Wasps* (pp. 191–231). Cornell University Press,  
394 Ithaca, NY.

395 Lasalle, J. & Gauld, I.D. (1993). Hymenoptera: their diversity, and their impact on  
396 the diversity of other organisms. p. 1-26. In: LaSalle, J. & Gauld, I.D. (Eds). *Hymenoptera*  
397 *and biodiversity*. Wallingford, CAB. International, 348p.

398 Lawton, J.H. (1983). Plant architecture and the diversity of phytophagous insects.  
399 *Annual Review Entomology*, 28: 23-39, doi: 10.1146/annurev.en.28.010183.000323

400 Lomolino, M.V. (2004). Conservation biogeography. In: M.V. Lomolino & L.R.  
401 Heaney (Eds.), *Frontiers of biogeography*. Sunderland: Sinauer, pp. 293-296.

402 Loyola, R.D., Lemes, P., Nabout, J.C., Trindade-Filho, J., Sagnori, M.D.,  
403 Dobrovolski, R. & Diniz-Filho, J.A.F. (2013). A straightforward conceptual approach for  
404 evaluating spatial conservation priorities under climate change. *Biodiversity and*  
405 *Conservation*, 22: 483-495, doi: 10.1007/s10531-012-0424-x

406 Meinshausen, M., Smith, S.J., Calvin, K.V., Daniel, J.S., Kainuma, M.L.T.,  
407 Lamarque, J.F., Matsumoto, K., Montzka, S.A., Raper, S.C.B., Riahi, K., Thomson,  
408 A.M., Velders, G.J.M. & van Vuuren D. (2011). "The RCP Greenhouse Gas  
409 Concentrations and their Extension from 1765 to 2300." *Climatic Change (Special Issue)*,  
410 DOI: 10.1007/s10584-011-0156-z, freely available online (PDF) (HTML)

411 Michelutti, K.B., Soares, E.R.P., Sguarizi-Antonio, D., Piva, R.C. & Suárez, Y.R.  
412 (2018). Influence of temperature on survival and cuticular chemical profile of social  
413 wasps. *Journal of Thermal Biology*, 71: 221-231, doi: 10.1016/j.jtherbio.2017.11.019

414 Morato, E.F. & Campos, L.A.O. (2000). Efeitos da fragmentação florestal sobre  
415 vespas e abelhas solitárias em uma área da Amazônia Central. *Revista Brasileira de*  
416 *Zoologia*, 17: 429- 444, doi: 10.1590/S0101-81752000000200014

417 Naimi, B. & Araújo, M.B. (2016). sdm: A reproducible and extensible R platform  
418 for species distribution modelling. *Ecography*, 39: 368–375, doi: 10.1111/ecog.01881

419 Parmesan, C. (2006). Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate  
420 Change. *15 Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 7: 637-669, doi:  
421 10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100

422 Pearson, R.G. & Dawson, T.P. (2003). Predicting the impacts of climate change  
423 on the distribution of species, are bioclimate envelopes usefull? *Global Ecology and*  
424 *Biogeography*, 12: 361-371, doi: 10.1046/j.1466-822X.2003.00042.x

425 Pickett, K.M. & Carpenter, J.M. (2010). Simultaneous Analysis and the Origin of  
426 Eusociality in the Vespidae (Insecta: Hymenoptera). *Arthropod Systematics and*  
427 *Phylogeny*, 68: 3-33.

428 Prezoto, F., & Machado, V.L.L. (1999). Transferência de colônias de vespas  
429 (*Polistes simillimus* Zikán, 1951) (Hymenoptera, Vespidae) para abrigos artificiais e sua  
430 manutenção em cultura de *Zea mays*. *Revista Brasileira de Entomologia*, 43(3/4): 239-  
431 241.

432 Prezoto, F., Cortes, S.A.O. & Carneiro, M.A. (2008). Vespas: de vilãs a parceiras.  
433 *Revista Ciência Hoje*, 48: 70-73.

434 QGIS Development Team, (2020). QGIS Geographic Information System. Open  
435 Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

436 Ribeiro Jr., C., Guimaraes, D.L., Elisei, T. & Prezoto, F. (2006). Foraging activity  
437 rhythm of the neotropical swarm-founding wasp *Protopolybia exigua* (Hymenoptera,  
438 Vespidae, Epiponini) in different seasons of the year. *Sociobiology*, 47(1): 115–123.

439 R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R  
440 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.  
441 Acesso em setembro de 2021.

442 Rocha, A. A., Giannorti, E. & Filho, A.C.B. (2009). Resources taken to the nest  
443 by *Protopolybia exigua* (Hymenoptera, Vespidae) in different phases of the colony cycle,  
444 in a region of the medio São Francisco river, Bahia, Brazil. *Sociobiology*, 54(2): 439–  
445 456.

446 Salazar, L.F., Nobre, C.A. & Oyama, M. D. (2007). Climate change consequences  
447 on the distribution in tropical South America. *Geophysical Research Letters*, 34:1-6, doi:  
448 10.1029/2007GL029695

449 Santos, G.M.M., Bichara-Filho, C.C, Resende, J.J., Cruz, J.D.da & Marques,  
450 O.M. (2007). Diversity and community structure of social wasps (Hymenoptera:  
451 Vespidae) in three ecosystems in Itaparica island, Bahia State, Brazil. *Ecology, Behavior*  
452 and *Bionomics*, 36(2): 180-185, doi: 10.1590/S1519-566X2007000200002

453 Silveira, O.T. (2002). Surveying neotropical social wasps: An evaluation of  
454 methods in the “Ferreira Penna” research station (ECFPn), in Caxiuana, PA, Brazil  
455 (Hymenoptera, Vespidae, Polistinae). *Papéis Avulsos de Zoologia*, 42: 299-323, doi:  
456 10.1590/S0031-10492002001200001

457 Silveira, O.T, Silva, S. S., Pereira, J.L.G. & Tavares I.S. (2012). Local-scale  
458 spatial variation in diversity of social wasps in an Amazonian rain forest, Caxiuanã, Pará,  
459 Brazil (Hymenoptera, Vespidae, Polistinae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 56: 329-  
460 346, doi: 10.1590/S0085-56262012005000053

461 Souza, T.V., Lorini, M.L., Alves, M.A.S., Cordeiro, P. & Vale, M.M. (2011).  
462 Redistribution of threatened and endemic Atlantic Forest birds under climate change.  
463 *Natureza & Conservação*, 9: 214-218, doi: 10.4322/natcon.2011.028

464 Taylor, K.E. (2009). A summary of the CMIP5 experiment design. [http://cmip-](http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/docs/Taylor_CMIP5_design.pdf)  
465 [pcmdi.llnl.gov/cmip5/docs/Taylor\\_CMIP5\\_design.pdf](http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/docs/Taylor_CMIP5_design.pdf).

466 Taylor, K.E., Stouffer, R.J., & Meehl, G.A. (2012). An overview of CMIP5 and  
467 the experiment design. *Bulletin of the American meteorological Society*, 93(4): 485-498,  
468 doi: 10.1175/BAMS-D-11-00094.1

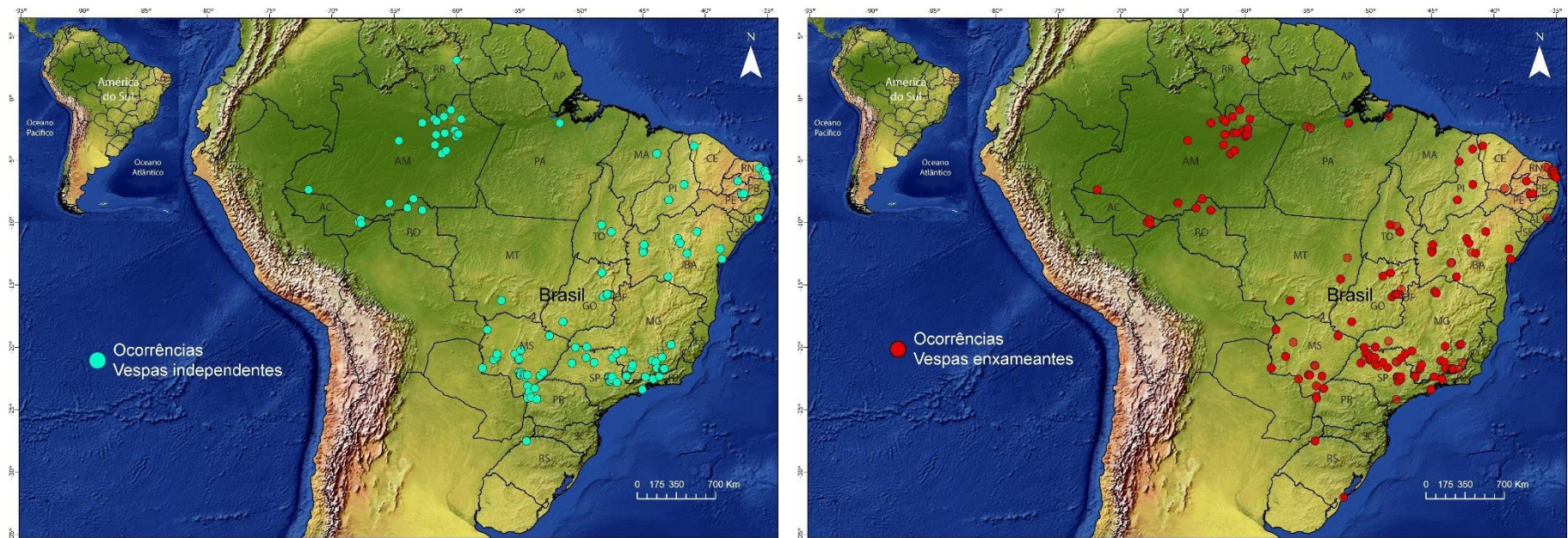
469 Thuiller, W., Lavorel, S., Araujo, M.B., Sykes, M.T. & Prentice, I.C. (2005).  
470 Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy*  
471 *of Sciences of the USA*, 102: 8245- 8250, doi: 10.1073/pnas.0409902102

472 Warren, R., Price, J., Graham, E., Forstnerhaeusler, N. & Vanderwal, J. (2018).  
473 The projected effect on insects, vertebrates, and plants of limiting global warming to  
474 1.5°C rather than 2°C. *Science*, 360(6390): 791-795.

475 Whittaker, R.J., Araújo, M.B., Jepson, P., Ladle, R.J., Watson, J.E.M., & Willis,  
476 K.J. (2005). Conservation Biogeography: assessment and prospect. *Diversity and*  
477 *Distributions*, 11: 3-24, doi: 10.1111/j.1366-9516.2005.00143.x

478 Yamane, S., Mateus, S., Hozumi, S., Kudô, K. & Zucchi, R. (2009). How does a  
479 colony of *Apoica flavissima* (Hymenoptera: Vespidae, Epiponini) maintain a constant  
480 temperature? *Entomological Science*, 12: 341–345. [https://doi.org/10.1111/j.1479-](https://doi.org/10.1111/j.1479-8298.2009.00328.x)  
481 [8298.2009.00328.x](https://doi.org/10.1111/j.1479-8298.2009.00328.x)

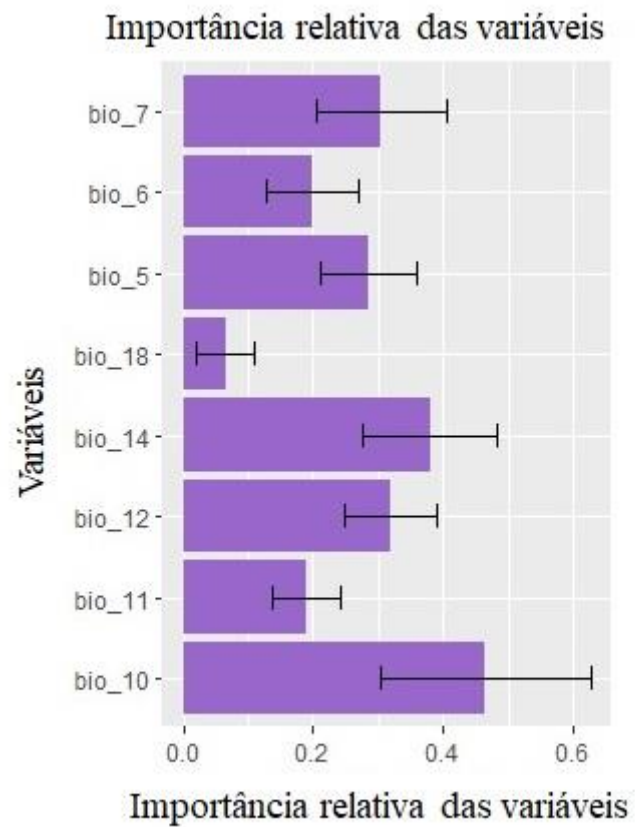
482  
483  
484



485

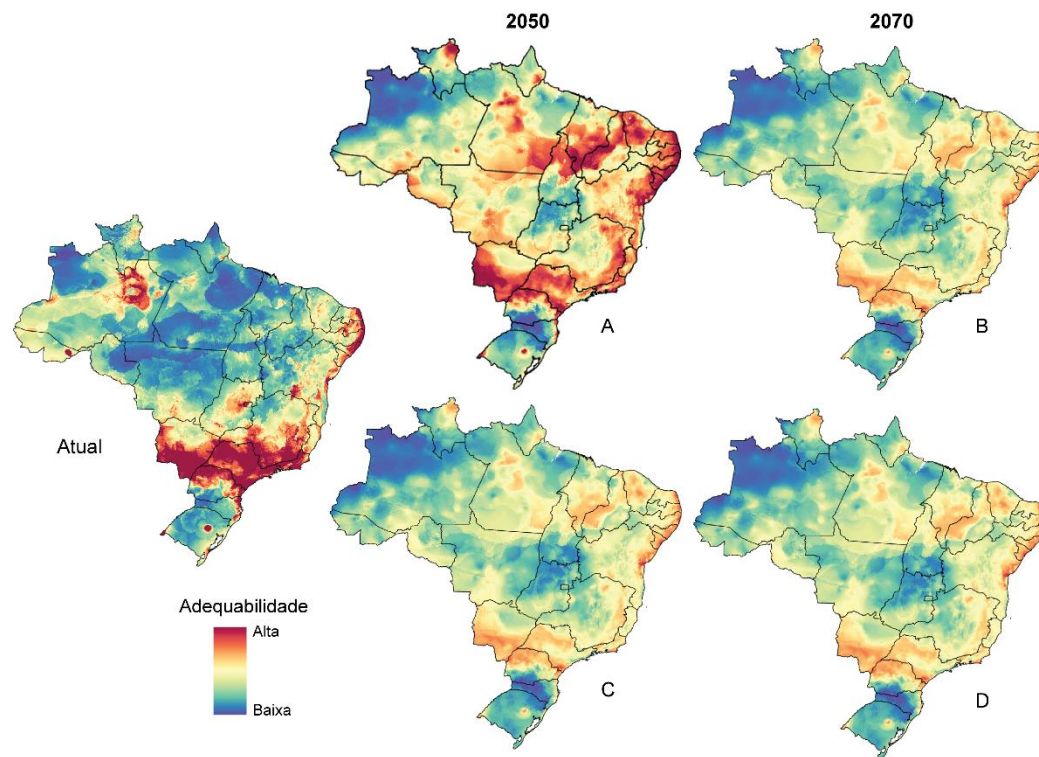
486 **Fig. 01.** Registros de ocorrência das espécies de vespas sociais Polistinae no Brasil. a) Pontos de ocorrência das espécies de vespas de Fundação  
 487 Independente; b) Pontos de ocorrência das espécies de vespas de Fundação por enxameagem.

488



489

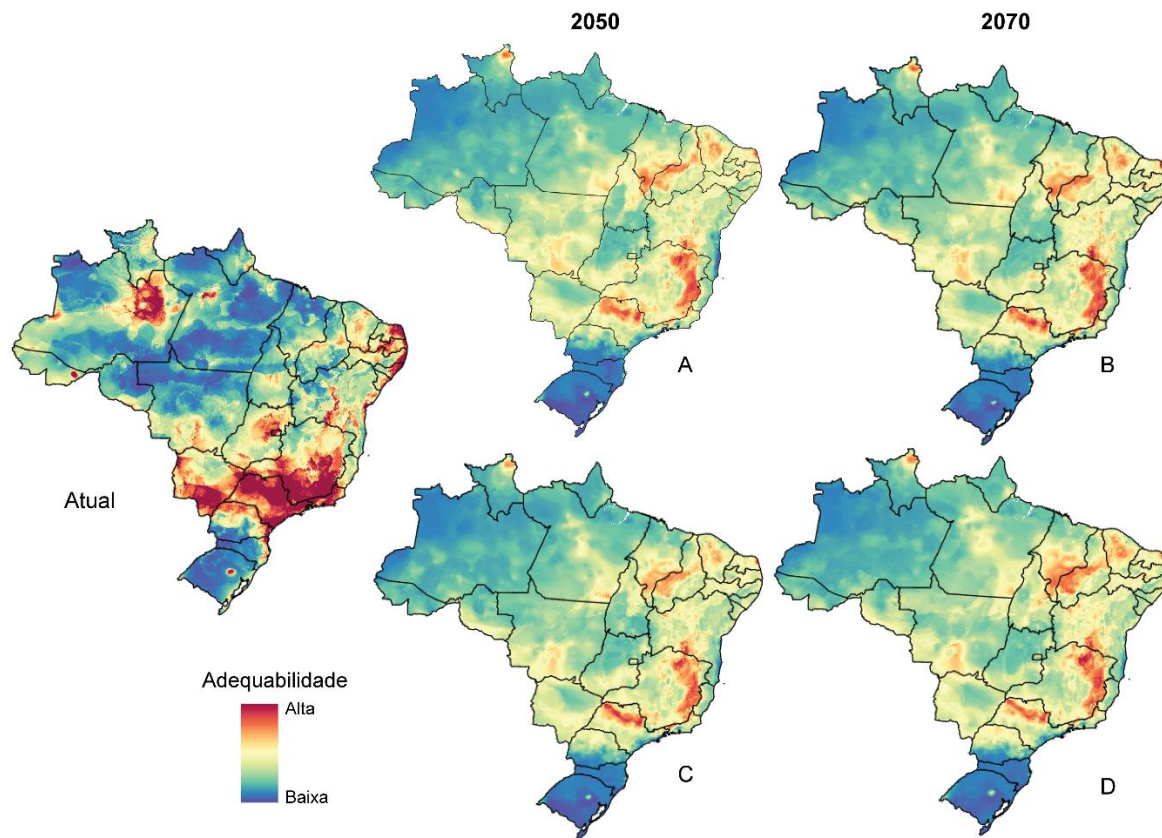
490 **Fig. 2.** Contribuição das variáveis climáticas para os modelos de distribuição de vespas sociais Polistinae no Brasil. bio\_5: Temperatura máxima do  
 491 mês mais quente; bio\_6: Temperatura mínima do mês mais frio; bio\_7: Amplitude da temperatura anual; bio\_10: Temperatura média do trimestre  
 492 mais seco; bio\_11: Temperatura média do trimestre mais frio; bio\_12: Precipitação anual; bio\_14: Precipitação do mês mais seco; bio\_18:  
 493 Precipitação do trimestre mais quente.



494

495 **Fig. 3.** Modelagem de nicho ecológico para vespas sociais Polistinae de Fundação Independente atual e com projeções futuras para 2050 e 2070.  
 496 Cenário otimista, com aumento de temperatura de até 2°C para 2050 (a) e 2070 (b) e para o cenário pessimista, com aumento de temperatura de 4°  
 497 C ou mais para 2050 (c) e 2070 (d). O gradiente de cores indica valores contínuos que variam da menor adequabilidade (azul) até a maior  
 498 adequabilidade (vermelho).

499



500

501 **Fig. 4.** Modelagem de nicho ecológico para vespas sociais Polistinae de Fundação por Enxameagem atual e com projeções futuras para 2050 e  
 502 2070. Cenário otimista, com aumento de temperatura de até 2°C para 2050 (a) e 2070 (b) e para o cenário pessimista, com aumento de temperatura  
 503 de 4° C ou mais para 2050 (c) e 2070 (d). O gradiente de cores indica valores contínuos que variam da menor adequabilidade (azul) até a maior  
 504 adequabilidade (vermelho).