

# Impactos das mudanças climáticas: *Mismatches* e alterações na distribuição de plantas e morcegos polinizadores

Guilherme de Carvalho Chicarolli      Guillermo Florez-Montero  
Simone Rodrigues de Freitas

22 de Março de 2021

## Resumo

A modificação na distribuição geográfica das espécies é um dos inúmeros impactos que as alterações no clima podem causar nas comunidades, comprometendo o funcionamento de ecossistemas e interações ecológicas entre indivíduos. Dessa forma, como resposta às mudanças climáticas, as espécies que a adaptarem sua distribuição a lugares mais adequados serão selecionadas evolutivamente, caso contrário serão extintas. Se a adequação não for acompanhada também pela adaptação das outras espécies com os quais há relações ecológicas importantes, pode ocorrer o chamado *mismatch* espacial entre elas, que é dada pela não sobreposição geográfica das espécies. O presente projeto buscou compreender como as mudanças climáticas podem impactar a distribuição geográfica da espécie de quiróptero *Lonchophylla bokermanni* Sazima *et al.*, 1978, e da bromélia *Encholirium subsecundum* (Baker) Mez, duas espécies que possuem relações ecológicas próximas, sendo *L. bokermanni* o único polinizador conhecido de *E. subsecundum*. Utilizando-se de Modelos de Distribuição de Espécies (MDEs) foram criados modelos de distribuição potencial das espécies em dois cenários climáticos projetados para 2050, de RCP 4.5 e 8.5.

**Palavras chave:** Mudanças climáticas, modelagem, distribuição e sobreposição de espécies.

**Área do conhecimento:** Ecologia.

# Contents

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| <b>Resumo</b>                        | <b>1</b>  |
| <b>1. Introdução</b>                 | <b>3</b>  |
| <b>2. Materiais e métodos</b>        | <b>4</b>  |
| 2.1 Espécies estudadas . . . . .     | 4         |
| 2.2 Ocorrências . . . . .            | 5         |
| 2.3 Modelo de Distribuição . . . . . | 5         |
| 2.4 Dados ambientais . . . . .       | 5         |
| <b>Apêndice</b>                      | <b>8</b>  |
| <b>Referências</b>                   | <b>13</b> |

## 1. Introdução

## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Espécies estudadas

Modelamos a distribuição de 2 espécies: a de quiróptero *Lonchophylla bokermanni* Sazima *et al.*, 1978, e de bromélia *Encholirium subsecundum* (Baker) Mez.

*L. bokermanni* Sazima *et al.*, 1978 (DIAS e colab., 2013; SAZIMA e colab., 1978) é uma espécie de morcego de porte médio endêmica do Brasil, fazendo parte do gênero *Lonchophylla* (família Phyllostomidae), que abrange espécies nectarívoras, com focinho alongado e língua comprida (FLEMING e colab., 2009). Com poucas ocorrências no bioma do Cerrado e da Caatinga, em Minas Gerais e Bahia (Tabela 2), o quiróptero possui uma distribuição restrita (CLÁUDIO e colab., 2018). Ainda pouco se conhece sobre a biologia da espécie, porém sabe-se que alimenta-se de pólen, néctar e insetos (DIAS e colab., 2013; MORATELLI, 2013).

Em razão da degradação de seus habitats, a classificação de *L. bokermanni* quanto ao seu grau de ameaça está como “Em perigo” de acordo com a Listade Espécies Ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) (CLÁUDIO e colab., 2018) e como “Quase ameaçada” pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção, 2018).



Figure 1: *Lonchophylla bokermanni* Sazima *et al.*, 1978. Imagem retirada da fonte: CLÁUDIO e colab. (2018)

*Encholirium subsecundum* (Baker) Mez é uma espécie de bromélia do gênero *Encholirium* (família Bromeliaceae) que ocorre em formações rochosas, podendo atingir até 2 metros de altura e com um padrão floral quiropterófilo (CAVALLARI, 2004; DIAS e colab., 2013). A espécie é endêmica do Brasil, com ocorrências nos biomas da Caatinga, Mata Atlântica e, principalmente, no Cerrado (CAVALLARI, 2004; FORZZA, 2005; SAZIMA e colab., 1989), nos estados de Minas Gerais e Bahia (Tabela 1). Embora existam outras espécies de morcegos nectarívoros na área de

ocorrência de *E. subsecundum*, *L. bokermanni* é o único polinizador conhecido da bromélia (SAZ-IMA e colab., 1989). *E. subsecundum* não se encontra no Livro Vermelho da Flora do Brasil (MARTINELLI e MORAES, 2013) ou na Lista Vermelha da IUCN (“The IUCN Red List of Threatened Species”, 2021).

## 2.2 Ocorrências

Para o processo de Modelagem de Distribuição são necessários registros georreferenciados das espécies. Assim, foram coletados os registros de ocorrências de *Encholirium subsecundum* e *Lonchophylla bokermanni* em 3 bancos de registros online: Specielink, GBIF e SiBBR, que reúnem registros de coleções de espécies. Também foram utilizados registros de artigos que fizeram coletas de espécies.

Foram reunidos 24 registros ao todo da espécie *L. bokermanni*, com o único parâmetro prévio de possuírem coordenadas georreferenciadas. Em seguida, os registros com coordenadas geográficas duplicadas foram retirados da base de dados, sobrando apenas uma ocorrência entre as duplicadas. Então, um *buffer* com raio de 5 km foi criado ao redor de cada registro e foram selecionados apenas uma ocorrência dentro de cada *buffer*, a fim de diminuir o viés amostral na seleção de ocorrências pelo modelo (HIJMANS e SPOONER, 2001). Por fim, sobraram 8 registros, os quais foram utilizados para as modelagens (Ver tabela 2).

O mesmo método de limpeza e tratamento dos registros de ocorrência foram utilizados com os dados da *E. subsecundum*, inicialmente com 82 registros e após a retirada de registros duplicados e seleção de um registro por *buffer*, restaram 37 ocorrências de localidade da espécie (Ver tabela 1) que foram utilizados nas modelagens.

Todos as ocorrências restantes tiveram a descrição de município e localidades dos registros confrontados com os pontos de georreferenciamento (latitude e longitude), com o objetivo de verificar se estavam de acordo. Nenhum registro restante possuía descrição de localidade que não estivesse de acordo com a posição geográfica descrita.

## 2.3 Modelo de Distribuição

### 2.4 Dados ambientais

Para produzir os modelos de distribuição potencial das espécies utilizamos camadas ambientais obtidas do projeto WorldClim (FICK e HIJMANS, 2017), com resolução espacial de 2.5 arc-minutos (aproximadamente 4.5 km no equador) e representando o clima atual, correspondendo à média das observações de 1970 a 2000. As 19 variáveis bioclimáticas (Tabela 3) derivam de dados de temperatura e precipitação, representando tendências anuais, condições extremas e sazonalidade (FICK e HIJMANS, 2017).

Para as predições de distribuições futuras, utilizamos camadas projetadas do clima global para o ano de 2050 (média de 2041 a 2060) de acordo com o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Inter-

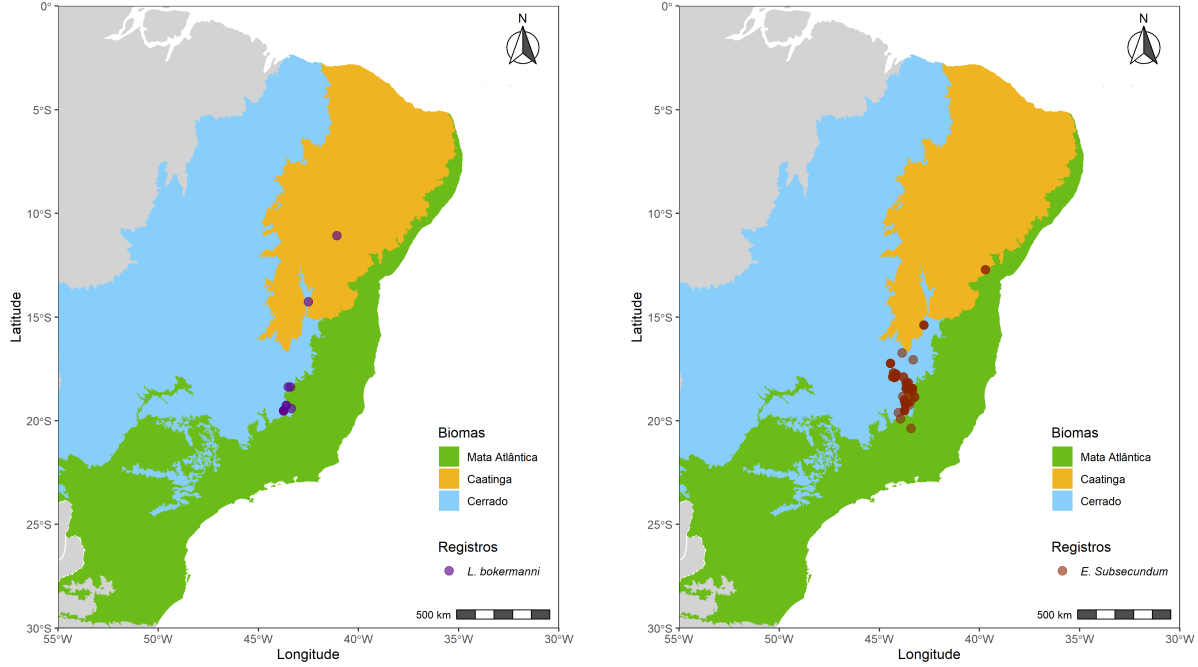


Figure 2: Gráfico das localidades de *L. bokermanni* (à esquerda) e *E. subsecundum* (à direita).

governamental sobre Mudanças Climáticas (AR5) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2013), obtidas também através do projeto WorldClim (FICK e HIJMANS, 2017). São camadas de 19 biovariáveis (Tabela 3) projetadas para o futuro, com resolução de 2.5 arc-minutos e usando o modelo de circulação ACCESS1, representando dois cenários distintos de emissão de gases do efeito estufa conforme o *Representative Concentration Pathways* (RCPs), o de RCP 45 (cenário no qual as emissões de  $CO_2$  começam a diminuir a partir de 2045) e de RCP 85 (as emissões de gases continuam a crescer ao longo do século 21) (VUUREN e colab., 2011).

Diversos autores apontaram problemas de multicolinearidade de variáveis climáticas em modelagens de distribuição (BRAUNISCH e colab., 2013; CRUZ-CÁRDENAS e colab., 2014), afetando diretamente os resultados e performance dos modelos. A fim de avaliar a gravidade da colinearidade entre os pontos de ocorrências das duas espécies e o conjunto de biovariáveis do clima atual, medimos o Fator de Inflação da Variância (VIF) das camadas ambientais. Para os dados de ocorrência da planta *E. subsecundum*, o teste resultou em 13 (de 19) variáveis bioclimáticas com problemas de colinearidade (Tabela 4). Enquanto que para o morcego *L. bokermanni*, 17 variáveis apresentaram alto grau de colinearidade (Tabela 5). Valores de VIF maiores que o limiar 10 já indicam problema de colinearidade.

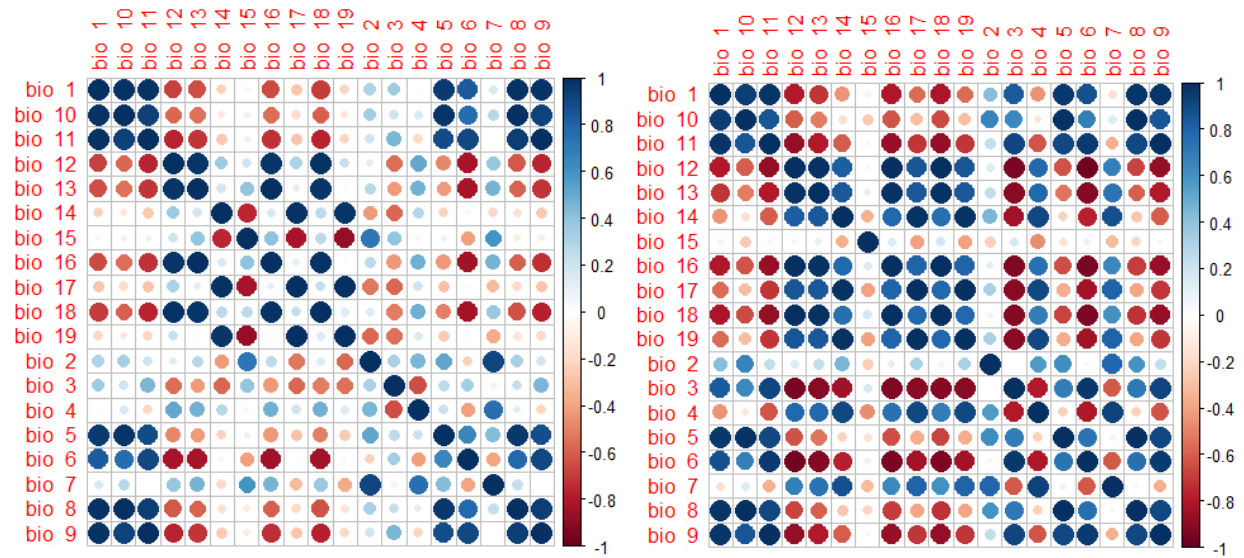


Figure 3: Matriz de correlação entre as variáveis bioclimáticas para a espécie *E. subsecundum* (à esquerda) e *L. bokermanni* (à direita)

## Apêndice

**Tabela 1:** Pontos de ocorrências de *Encholirium subsecundum* (Barker Mez)

| Estado       | Município                | Longitude  | Latitude   | Referência  |
|--------------|--------------------------|------------|------------|---|
| Minas Gerais | Belo Horizonte           | - 43.93780 | - 19.92080 | Fundação Zoo-Botânica de Belo Horizonte                       |
| Minas Gerais | Santana do Riacho        | - 43.71440 | - 19.16890 | Fundação Zoo-Botânica de Belo Horizonte                       |
| Minas Gerais | Conceição do Mato Dentro | - 43.42500 | - 19.03720 | Fundação Zoo-Botânica de Belo Horizonte                       |
| Minas Gerais | Serro                    | - 43.37940 | - 18.60470 | Coleção da Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz - USP |
| Minas Gerais | Serro                    | - 43.44500 | - 18.47250 | Herbário do Museu Nacional                                    |
| Minas Gerais | Jequitaiá                | - 44.44560 | - 17.23560 | Coleção da Universidade Federal de Viçosa                     |
| Minas Gerais | Buenópolis               | - 44.18000 | - 17.87330 | Coleção da Universidade Federal de Viçosa                     |
| Minas Gerais | Buenópolis               | - 44.23389 | - 17.92389 | Coleção da Universidade Federal do Maranhão                   |
| Minas Gerais | Buenópolis               | - 44.24944 | - 17.90917 | Coleção da Universidade Federal do Maranhão                   |
| Minas Gerais | Santana do Riacho        | - 43.71440 | - 19.16890 | Coleção da Universidade Federal de Viçosa                     |
| Minas Gerais | Mariana                  | - 43.41610 | - 20.37780 | Coleção da Universidade Federal de Viçosa                     |
| Minas Gerais | Datas                    | - 43.65580 | - 18.44560 | Herbário do Museu Botânico Municipal                          |
| Minas Gerais | Joaquim Felício          | - 44.17220 | - 17.75750 | Coleção da Universidade Estadual de Feira de Santana          |
| Minas Gerais | Joaquim Felício          | - 44.29190 | - 17.69890 | The New York Botanical Garden                                 |
| Minas Gerais | Joaquim Felício          | - 44.17220 | - 17.75750 | Herbário da Universidade Estadual de Feira de Santana         |
| Minas Gerais | Santana do Riacho        | - 43.71440 | - 19.16890 | Instituto de Botânica   |



| Estado       | Município               | Longitude  | Latitude   | Referência   |
|--------------|-------------------------|------------|------------|--|
| Minas Gerais | Penha da França         | - 43.83333 | - 18.83333 | Coleção da Universidade de Brasília                    |
| Minas Gerais | Montes Claros           | - 43.86170 | - 16.73500 | Coleção da UNICAMP                                     |
| Minas Gerais | Santo Antônio do Itambé | - 43.33944 | - 18.45694 | Herbário da UFMG                                       |
| Minas Gerais | Pedro Leopoldo          | - 44.04310 | - 19.61810 | Herbário da UFMG                                       |
| Minas Gerais | Itacambira              | - 43.30890 | - 17.06470 | Herbário da UFMG                                       |
| Minas Gerais | Dom Joaquim             | - 43.23333 | - 18.86667 | Herbário do Museu do Jardim Botânico do Rio de Janeiro |
| Minas Gerais | Mato Verde              | - 42.77889 | - 15.38667 | Herbário do Museu do Jardim Botânico do Rio de Janeiro |
| Minas Gerais | Santana de Pirapama     | - 43.75556 | - 19.00611 | Herbário do Museu do Jardim Botânico do Rio de Janeiro |
| Minas Gerais | Diamantina              | - 43.55278 | - 18.35500 | Herbário do Museu do Jardim Botânico do Rio de Janeiro |
| Minas Gerais | Diamantina              | - 43.62806 | - 18.19194 | Herbário do Museu do Jardim Botânico do Rio de Janeiro |
| Minas Gerais | Presidente Kubitschek   | - 43.55722 | - 18.65389 | MOURA (2014)   |
| Minas Gerais | Santana do Riacho       | - 43.51667 | - 19.25000 | Herbário da UFMG                                       |
| Bahia        | Itatim                  | - 39.69810 | - 12.71190 | Instituto de Botânica                                  |
| Minas Gerais | Jaboticatubas           | - 43.74500 | - 19.51360 | The New York Botanical Garden                          |
| Minas Gerais | Jaboticatubas           | - 43.58333 | - 19.16667 | Herbário do Museu Nacional                             |

**Tabela 2:** Pontos de ocorrências de *Lonchophylla bokermanni* (Sazima, Vizotto & Taddei)

| Estado          | Município             | Longitude      | Latitude       | Referência   |
|-----------------|-----------------------|----------------|----------------|--|
| Minas<br>gerais | Jaboticatubas         | -43.74472      | -19.51361      | Coleção de Mamíferos do Museu de Zoologia da UNICAMP |
| Minas<br>gerais | Jaboticatubas         | -43.74540      | -19.52210      | Coleção de Quirópteros da UNESP                      |
| Minas<br>gerais | Serra do Cipó         | -43.60000      | -19.26667      | Coleção de Mamíferos do Museu de Zoologia da UNICAMP |
| Minas<br>gerais | Itambé do Mato Dentro | -<br>43.349444 | -<br>19.410278 | NASCIMENTO e colab. (2013)                           |
| Minas<br>gerais | Diamantina            | -<br>43.516667 | -<br>18.383333 | DIAS e colab. (2013)                                 |
| Minas<br>gerais | Diamantina            | -<br>43.383333 | -<br>18.383333 | ALMEIDA e colab. (2016)                              |
| Bahia           | Caetité               | -<br>42.500000 | -<br>14.266667 | CLÁUDIO e colab. (2018)                              |
| Bahia           | Ourolândia            | -<br>41.083333 | -<br>11.083333 | CLÁUDIO e colab. (2018)                              |

**Tabela 3:** Descrição das variáveis bioclimáticas derivadas de valores de temperatura e pluviosidade (FICK e HIJMANS, 2017)

| Variáveis bioclimáticas | Descrição  |
|-------------------------|--|
| Bio 1                   | Temperatura média anual  |
| Bio 2                   | Intervalo médio diurno (Média mensal (máx. temp. - mín temp.)) |
| Bio 3                   | Isotermalidade   |
| Bio 4                   | Sazonalidade de Temperatura (desvio padrão *100)               |
| Bio 5                   | Temperatura máxima do mês mais quente                          |
| Bio 6                   | Temperatura mínima do mês mais frio                            |
| Bio 7                   | Intervalo da temperatura anual                                 |
| Bio 8                   | Média do quarto de ano mais úmido                              |
| Bio 9                   | Média do quarto de ano mais seco                               |
| Bio 10                  | Média do quarto de ano mais quente                             |
| Bio 11                  | Média do quarto de ano mais frio                               |
| Bio 12                  | Precipitação anual   |
| Bio 13                  | Precipitação do mês mais frio                                  |
| Bio 14                  | Precipitação do mês mais seco                                  |
| Bio 15                  | Sazonalidade de precipitação (Coeficiente de variação)         |
| Bio 16                  | Precipitação do quadrimestre mais úmido                        |
| Bio 17                  | Precipitação do quadrimestre mais seco                         |
| Bio 18                  | Precipitação do quadrimestre mais quente                       |
| Bio 19                  | Precipitação do quadrimestre mais frio                         |

**Tabela 4:** Valores VIF das variáveis sem problema de colinearidade ( $VIF < 10$ ) da espécie *E. subsecundum*

| Variável | VIF      |
|----------|----------|
| Bio 10   | 2.852144 |
| Bio 14   | 6.405928 |
| Bio 15   | 9.101937 |
| Bio 18   | 6.039373 |
| Bio 3    | 4.576259 |
| Bio 4    | 4.025089 |

**Tabela 5:** Valores VIF das variáveis sem problema de colinearidade ( $VIF < 10$ ) da espécie *L. bokermanni*

| Variável | VIF      |
|----------|----------|
| Bio 7    | 1.002012 |
| Bio 8    | 1.002012 |

## Referências

- ALMEIDA, Brunna e colab. **Karyotype of three Lonchophylla species (Chiroptera, Phyllostomidae) from Southeastern Brazil**. Comparative Cytogenetics, v. 10, n. 1, p. 109–115, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.3897/CompCytogen.v10i1.6646>>.
- BRAUNISCH, Veronika e colab. **Selecting from correlated climate variables: A major source of uncertainty for predicting species distributions under climate change**. Ecography, v. 36, Set 2013.
- CAVALLARI, Marcelo Mattos. **Estrutura genética de populações de Encholirium (Bromeliaceae) e implicações para sua conservação**. 2004. mathesis – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP), 2004.
- CLÁUDIO, Vinícius e colab. **First record of Lonchophylla bokermanni (Chiroptera, Phyllostomidae) for the Caatinga biome**. Mastozoologia Neotropical, v. 25, Jul 2018.
- CRUZ-CÁRDENAS, Gustavo e colab. **Potential species distribution modeling and the use of principal component analysis as predictor variables**. Revista Mexicana de Biodiversidad, v. 85, n. 1, p. 189–199, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1870345314707444>>.
- DIAS, Daniela e ESBÉRARD, Cel e MORATELLI, Ricardo. **A new species of Lonchophylla (Chiroptera, Phyllostomidae) from the Atlantic Forest of southeastern Brazil, with comments on L. bokermanni**. Zootaxa, v. 3722, p. 347–360, Out 2013.
- FICK, Stephen E. e HIJMANS, Robert J. **WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas**. International Journal of Climatology, v. 37, n. 12, p. 4302–4315, 2017. Disponível em: <<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/joc.5086>>.
- FLEMING, Theodore e GEISELMAN, Cullen e KRESS, W. **The evolution of bat pollination: A phylogenetic perspective**. Annals of botany, v. 104, p. 1017–43, Set 2009.
- FORZZA, Rafaela Campostrini. **REVISÃO TAXONÔMICA DE ENCHOLIRIUM MART. EX SULT. & SULT. F. (PITCAIRNIOIDEAE - BROMELIACEAE)**. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo, v. 23, n. 1, p. 1–49, 2005. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/42871669>>.

HIJMANS, Robert e SPOONER, David. **Geographic Distribution of Wild Potato Species**. American journal of botany, v. 88, p. 2101–12, Nov 2001.

IPCC. Summary for Policymakers. STOCKER, T. F. e colab. (Org.). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom; New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2013. p. 1–30.

**Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. [S.l.]: ICMBio/MMA, 2018. v. 1.

MARTINELLI, Gustavo e MORAES, Miguel Avila. **Livro vermelho da flora do Brasil**. [S.l.]: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. v. 1. p. 1100

MORATELLI, Ricardo. **Nova espécie de morcego da Mata Atlântica homenageia o Dr. Adriano Peracchi e revela outra espécie do Cerrado que pode estar criticamente ameaçada**. Disponível em: <<https://sbeq.wordpress.com/2013/10/22/nova-especie-de-morcego-da-mata-atlantica-homenageia-o-dr-adriano-peracchi-e-revela-outra-especie-do-cerrado-que-pode-estar-criticamente-ameacada/>>.

MOURA, Mariana Neves. **Hipóteses filogenéticas baseadas em caracteres moleculares e estudos do tamanho do genoma em Dyckia Schult. & Schult.f. e Encholirium Mart. ex Schult. & Schult.f. (Bromeliaceae)**. 2014. mathesis – Universidade Federal de Viçosa, 2014.

NASCIMENTO, Maria Clara e colab. **Rediscovery of Lonchophylla bokermanni Sazima, Vizotto and Taddei, 1978 (Chiroptera: Phyllostomidae: Lonchophyllinae) in Minas Gerais, and new records for Espírito Santo, southeastern Brazil**. Check List, v. 9, p. 1046–1049, Out 2013.

SAZIMA, Ivan e VIZOTTO, Luiz e TADDEI, Antonio. **Uma nova espécie de Lonchophylla da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil (Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae)**. Revista Brasileira de Biologia, v. 38, p. 81–89, Jan 1978.

SAZIMA, Ivan e VOGEL, Stefan e SAZIMA, Marlies. **Bat pollination of Encholirium glaziovii, a terrestrial bromeliad**. Plant Systematics and Evolution, v. 168, p. 167–179, Ago 1989.

**The IUCN Red List of Threatened Species.** Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org>>.

VUUREN, Detlef P. Van e colab. **The representative concentration pathways: an overview.** Climatic Change, v. 109, 2011.