



Received:  
February 27, 2020

Accepted:  
April 24, 2020

Published:  
April 30, 2020

## Origin and phytogeographic evolution of the Rupestrian Fields of the Espinhaço Chain

Thamyres Sabrina Gonçalves<sup>1</sup> , Alexandre Christófaros Silva<sup>1</sup> , Carlos Victor Mendonça Filho<sup>1</sup> , Camila Rodrigues Costa<sup>1</sup> , Isabella Lopes Braga<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Brasil.

### Email address

sabrina5thamy@yahoo.com.br (Thamyres S. Gonçalves) – Corresponding author.

### Abstract

At the moment when new sketches of South American phytogeographic regions and morphoclimatic domains are frequently produced, the relevance of a review of the origin and evolution process of one of the most important geosystems of Brazilian biodiversity is imminent: the Fields of Serra Espinhaço. This is because despite being within the most complex and biodiverse are also among the most endangered on the planet, either due to degrading activities in their region of occurrence, or the impact of climate change on the dynamics of functional of the ecosystem. In this sense, the objective of this paper is to review the process of origin and phytogeographic evolution of the Serra do Espinhaço Rupestrian Fields, in order to understand how these ecosystems emerged in the context of the Quaternary period, as they were established during the climate changes of the Holocene and Pleistocene, what are the current vegetation characteristics that can contribute to the understanding of this paleoecological dynamics and consequently of the evolutionary history of the Rupestrian Fields species. From the reading of the available works about the Rupestrian Fields it is possible to assume that they represent a relictual vegetation, whose process of establishment took place throughout the Quaternary, however one cannot also rule out the influence of even older events in the process of origin of the Rupestrian Fields. Such complexity in geosystemic dynamics presupposes complex conservation models of this ecosystem, considering the contribution of each piece of this complex puzzle to define the best strategies for maintaining the functional balance of vegetation.

**Keywords:** Altitude Fields, Paleoecology, Southern Espinhaço Range.

## 1. Introdução

No trabalho que reúne o esforço dos técnicos de vegetação do projeto Radam Brasil, cujo objetivo central era elaborar um sistema de classificação da vegetação brasileira, que fosse compatível com a classificação e a nomenclatura mundial, já é possível observar uma maior atenção à ecologia dos ecossistemas do que nas tentativas de classificação fitogeográfica de diversos autores anteriormente. Nessa classificação fisionômico-ecológica, a abordagem se inicia pelas famílias, gêneros e espécies de distribuição descontínua no mundo que ocorrem no território brasileiro, associando tais ocorrências a eventos paleoambientais, que separaram geograficamente esses grupos de plantas, que posteriormente através de adaptações ecológicas foram capazes de se integrar as condições ambientais do território brasileiro (Veloso e Góes-Filho, 1972).

A partir de 1980, já existia entre os fitogeógrafos brasileiros, acúmulo de conhecimento suficiente para aprofundar as discussões sobre os centros de origem e endemismo de grupos taxonômicos importantes das diferentes fitofisionomias da vegetação brasileira, suas

possíveis rotas de migração e com o auxílio das pesquisas paleoambientais, a integração de dados que permitissem a inferência sobre os períodos de ocorrência de tais eventos, que marcam significativas mudanças fitogeográficas (Leitão-Filho, 1987). Foi nesse período também que ganhou força a aplicação desses estudos na elaboração de modelos de investigação da dinâmica dos ciclos biogeoquímicos que determinam a produtividade dos ecossistemas globais (Woodward e Emanuel, 1995).

Nas últimas décadas, o embasamento teórico deixado pelos precursores da fitogeografia permitiu que os fitogeógrafos brasileiros contemporâneos pudessem focar suas pesquisas em estudos regionais no território brasileiro e suas regiões de fronteiras, como a análise fitogeográfica das florestas subtropicais temperadas no sul da América Latina (Villagran e Hojosa, 1997; Higuchi et al., 2013); dos campos de altitude da América do sul (Safford, 2007); do Cerrado sensu stricto no nordeste brasileiro (Lindoso, 2007); do Cerrado rupestre no Brasil central (Moura, 2010); da vegetação de canga no quadrilátero ferrífero na região sudeste do Brasil (Carmo e Jaccobi 2013).

A partir de então, estudos paleoambientais passaram a ser o foco de investigação em diversos grupos de pesquisa no Brasil, contribuindo assim para o levantamento de informações que ajudam a entender como se formaram as paisagens e quais os processos de dispersão de espécies animais e vegetais ao longo das diferentes províncias fitogeográficas, domínios morfoclimáticos e biomas brasileiros. Pesquisas paleoambientais, tendem a uma abordagem multidisciplinar, em função da própria dificuldade em chegar a conclusões sobre a relação entre passado, presente e futuro da vegetação com base em apenas um ou outro elemento analisado. Essas abordagens são chamadas multi-proxy, em função da multiplicidade de marcadores, ou métodos analíticos utilizados nas pesquisas (Luz et al., 2019). Esses estudos são muito importantes porque ajudam a reconstituir a história da vegetação brasileira, contribuindo para o conhecimento tanto da paleoecologia das diferentes floras que compõem a vegetação tropical quanto da distribuição fitogeográfica da flora atual no Brasil e na América do Sul.

Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é fazer uma revisão do processo de origem e evolução fitogeográfica dos Campos Rupestres da Serra do Espinhaço, a fim de tentar entender como esses ecossistemas surgiram no contexto do período quaternário, como se estabeleceram ao longo das mudanças climáticas do Pleistoceno e Holoceno, quais as características atuais vegetação que podem contribuir para o entendimento dessa dinâmica paleoecológica e consequentemente da história evolutiva das espécies dos Campos Rupestres.

## 2. Metodologia

O levantamento bibliográfico foi feito nos principais tratados de fitogeografia do Brasil e em publicações que envolvem escalas de análise amplas e aprofundada das paisagens brasileiras, devidamente citados no referencial teórico, envolvendo a bibliografia inteira de alguns dos principais autores da fitogeografia brasileira.

Também foram consultadas as diversas versões do Manual de Fitogeografia do Brasil elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, além do compilado de informações produzidas pelos maiores projetos de descrição da vegetação brasileira, como o Radam Brasil. Além disso também foram consultadas as publicações geradas pelos grandes projetos de investigação da flora da Serra do Espinhaço, como o projeto Flora da Serra do Cipó e outros.

Após a triagem do conjunto de informações, foram separados os trabalhos por data de publicação e escala de abrangência fitogeográfica, e por fim foi feita uma análise das informações acerca dos Campos Rupestres.

Foram utilizados os buscadores Scholar Google, Web of Science e o Portal de Periódicos da Capes com as palavras chaves: Campos Rupestres, Campos de Altitude, Serra do Espinhaço, Rupestrian Fields, Peatlands, Espinhaço Range, utilizando uma metodologia em que todos esses termos são associados uns aos outros no processo de busca dos artigos (CAPES, 2019). Incluem-se também trabalhos de dissertações e teses, que embora não sejam as vezes recomendáveis para citação em periódicos de acesso livre em função da disponibilidade limitada à possibilidade de acesso aos repositórios institucionais das instituições que os

abrigam, constituem boa parte das publicações a respeito dos Campos Rupestres.

## 3. Resultados e Discussão

Em sua fitogeografia a Cadeia do Espinhaço representa um mosaico fitogeográfico associado aos diversos ecossistemas regionais (Gontijo, 2008), com fitofisionomias de Cerrado nas altitudes mais elevadas, na porção centro-meridional e sul, as encostas são recobertas por florestas semidecíduais, revelando o ecótono a Mata Atlântica e em seus limites setentrionais, o contato com o domínio da Caatinga (Gontijo, 2008; Kamino et al., 2008; Coelho, 2014).

Este mosaico de fitofisionomias acaba por produzir um grande mosaico de biodiversidade, pois o contato entre esses diferentes ecossistemas propicia uma profusão de alternativas ecológicas de adaptação, especiação e vicariância (Bunger et al., 2014).

Some-se a isto, o alinhamento montanhoso norte-sul, interiorizado em relação ao litoral, numa distância curta o suficiente para sofrer os efeitos orográficos das massas de ar quente e úmidas, tanto de leste como de oeste; e numa distância longa o suficiente para isolar continentalmente, as vegetações abertas, onde a dinâmica do geossistema é marcada pela sazonalidade, da faixa tropical semiúmida das latitudes intertropicais até a tropical semiárida (Gontijo, 2008).

De importância estratégica para conservação de biodiversidade, a Serra do Espinhaço Meridional apesar de ser uma região bastante estudada, ainda possui muitas lacunas no conhecimento. e os Capões representam uma dessas demandas no estudo da flora regional, pois as poucas pesquisas desenvolvidas em Capões de mata na Serra do Espinhaço Meridional são trabalhos pontuais e dispersos (Gontijo, 2008; Coelho, 2014), e por isso não apresentam bases para o entendimento de padrões no processo de origem e evolução fitogeográfica dos Campos Rupestres. Algo que salta aos olhos, considerando que as florestas associadas à SdEM estão entre as mais interessantes em termos biogeográficos e também entre as mais ameaçadas do Brasil e de toda a região dos trópicos e neotrópicos (Coelho, 2014; Ribeiro e Neves, 2010).

Muitos são os campos científicos que podem ser beneficiados pelo acúmulo dos conhecimentos sobre as variações climáticas do Quaternário brasileiro (Ab'Saber, 1957). Os estudos sobre o Quaternário serão certamente aqueles que maiores possibilidades terão para realizar uma integração dos conhecimentos de geociências sobre o território brasileiro (Ab'Saber, 1969; 1951). Pois o mosaico atual da vegetação nas regiões tropicais e neotropicais é o saldo final de uma série de flutuações climáticas e fitogeográficas do Quaternário sul-americano (Ab'Saber, 1967).

No atual momento em que são produzidos frequentemente novos esboços das regiões fitogeográficas e dos domínios morfoclimáticos da América do Sul, torna eminente a relevância de uma revisão do processo de origem e evolução de um dos mais importantes geossistemas da biodiversidade brasileira: os Campos Rupestres da Serra do Espinhaço. Isto porque apesar de estarem dentro os mais complexos e biodiversos estão também entre os mais ameaçados do planeta, seja em função de atividades degradantes em sua região de ocorrência, ou pelo impacto

das mudanças climáticas na dinâmica de equilíbrio funcional do ecossistema (Ribeiro e Freitas, 2010; Coelho et al., 2018; Monteiro et al., 2018, Mucida et al., 2019).

Os campos rupestres são fitofisionomias de uma vegetação herbácea arbustiva, altamente heterogênea, associada aos afloramentos rochosos de formações quartzíticas, areníticas ou ferríferas (Rapini et al., 2008; Carmo e Jacobi, 2013, Bahia, 2016). Inseridos nos biomas do Cerrado e da Caatinga, frequentemente entremeados por matas ciliares e ilhas de Capões de florestas estacionais semidecíduais. Ocorrem em altitudes a partir de 900 m, ocupando de maneira disjunta as regiões mais elevadas da Cadeia do Espinhaço desde o norte da Chapada Diamantina, na Bahia, até a Serra de Ouro Branco, em Minas Gerais. Podem ser encontrados também mais ao sul, nas Serras de São João d'El Rey, da Canastra e de Ibitipoca (Minas Gerais), a oeste, nas Serras dos Cristais e dos Pirineus e na Chapada dos Veadeiros (Goiás), e ao norte, nos Tepuis (norte da América do Sul) (Rapini et al., 2008).

Apresentam na composição da flora uma vegetação majoritariamente xeromórfica cuja ecologia funcional apresenta diversas adaptações de sobrevivência, que certamente estão associadas a história evolutiva das interações entre as espécies e os eventos paleoecológicos que envolvem a origem e evolução fitogeográfica dos Campos Rupestres (Silberbauer-Gottsberger, 1981; Rapini et al., 2008, Queiroz et al., 2019). Sendo assim, as espécies apresentam muitas adaptações morfológicas, fisiológicas e de requerimento nutricional que lhes conferem capacidade de sobrevivência nesse ambiente com tantas limitações ecológicas (Bahia, 2016).

Dentre as quais se destacam plantas cujas raízes apresentam capacidade de fixar-se fortemente ao solo ou substrato, tolerância à dessecação, capacidade de absorção e acumulação de cátions em seus tecidos, resistência ao estresse hídrico, folhas com estruturas de armazenamento de água, captando-a diretamente da umidade do ar, já que a umidade relativa mais elevada e a temperatura mínima próxima do ponto de orvalho favorecem a ocorrência de neblina e orvalho. Os estômatos ficam muitas vezes protegidos e vários grupos apresentam fisiologia especializada como metabolismo C4 e CAM (Metabolismo do Ácido Crassuláceo), mantendo-os fechados durante o dia e realizando a fixação de Carbono à noite, quando a transpiração é menor. Além disso, é possível observar um grande número de plantas anuais ou com ciclo reprodutivo curto, capazes de se desenvolver nos períodos favoráveis, ou com gemas protegidas na superfície do solo (Rapini et al., 2008; Barbosa, 2011; Bahia, 2016; Barral, 2018).

Dentre os principais grupos florísticos que predominam na vegetação dos Campos Rupestres estão às famílias botânicas Amaryllidaceae, Asteraceae, Bromeliaceae, Cactaceae, Compositae, Cyperaceae, Droseraceae, Eriocaulaceae, Ericaceae, Euphorbiaceae, Gutierrezaceae, Melastomataceae, Leguminosae, Lentibulariaceae, Malpighiaceae, Rubiaceae, Orchidaceae, Velloziaceae, Xyridaceae (Rapini et al., 2008; Costa, 2018).

A maior parte desses grupos possuem poucos ou às vezes nenhum estudo sobre suas histórias evolutivas, filogeografia, fenologia, genética e ecologia de populações, que seriam cruciais para compreensão mais detalhada dos processos ecológicos que ocorreram ao longo da evolução fitogeográfica dos Campos Rupestres, pois as diferentes

escalas e frequências das oscilações climáticas ao longo do quaternário fez com que muitas espécies sofressem mudanças em suas distribuições geográficas, expressas de formas diferentes para cada região do planeta (Hewitt, 2004; Barbosa, 2011; Bünger et al., 2013).

As regiões montanas tropicais contêm linhagens filogenéticas bem como padrões filogeográficos muito distintos e profundamente divergentes entre os cladogramas de cada grupo de plantas, em áreas geográficas relativamente pequenas (Hewitt, 2004). O que leva a entender que as montanhas tropicais funcionaram ao longo de seu processo de origem e evolução fitogeográfica como centros de origem e endemismo de muitos desses grupos, e que hoje representam um relictivo vegetacional dos processos de especiação provocados pelas oscilações do quaternário, principalmente no pleistoceno (Ab' Saber, 2003; Fjeldsa e Lovett, 1997).

De fato, a Serra do Espinhaço Meridional apresenta um ambiente com variações de microclima, altitude e relevo podendo muitas vezes funcionar como fatores de isolamento entre populações, condição favorável para especiação intensa, tanto de forma simpátrica como alopátrica (Vanzolini, 1992; Fjeldsa e Lovett, 1997; Barbosa, 2011; Bünger, 2013; Bünger et al., 2013). A complexidade da dinâmica funcional dos Campos Rupestres obrigou os pesquisadores de diferentes áreas, a integrarem conhecimentos a fim de buscarem novas propostas teóricas e metodológicas para compreensão desses ecossistemas, cujos padrões de diversidade, heterogeneidade e endemismos são intrigantes (Alves e Kolbek, 1994).

A distribuição atual das espécies, no contexto da ecologia, pode ser explicada pelo processo de substituição de táxons, que proporciona aos Campos Rupestres uma alta diversidade beta, o principal parâmetro utilizado para medir a heterogeneidade florística dos ecossistemas (Echternacht et al., 2011). Quanto a paleoecologia dados paleoclimáticos relativos ao final do Pleistoceno (entre ~21.000 e ~13.000 anos A.P.) e Holoceno (a partir de ~12.000 anos A.P.), para as regiões montanhosas do sudeste da América do Sul, onde hoje estão presentes a maior parte dos Campos Rupestres, sustentam a ideia de que as oscilações climáticas ocorridas no hemisfério sul do planeta, típicas do Pleistoceno, foram responsáveis pelo estabelecimento dos campos rupestres no Brasil (Barbosa, 2011).

A principal hipótese para explicar o processo de diversificação dos grupos taxonômicos dos Campos Rupestres, está relacionada às oscilações climáticas durante o Quaternário, que prediz que em períodos interglaciais, os Campos Rupestres ficariam retraídos às regiões mais elevadas e, nos glaciais, ampliariam sua extensão para as regiões mais baixas, de modo que o processo de retrações e expansões sucessivas promoveria a diferenciação entre populações vicariantes durante os períodos mais quentes e úmidos possibilitando fluxo gênico entre elas durante os mais frios e secos (Rapini et al., 2008).

Outra questão relevante a ser considerada é a semelhança florística entre os Campos Rupestres da Serra do Espinhaço e outras vegetações campestres de altitudes elevadas em outras regiões do Brasil e da América do Sul, cuja similaridade se dá ao nível de famílias e gêneros, mas raramente de espécies (Behling, 1997; Barbosa, 2011), o que por um lado reitera a perspectiva adotada pela hipótese das especiações, mas por outro torna ainda mais complexo o

entendimento de como a vegetação respondeu no tempo e no espaço as diferentes escalas de oscilação climática ao longo do quaternário.

Além das oscilações do clima, é possível que também as rotas migratórias de dispersores e polinizadores tenham influenciado o padrão de distribuição fitogeográfica dos Campos Rupestres na Serra do Espinhaço (Higuchi et al., 2013; Safford, 2007; Queiroz et al., 2019), e portanto a ecologia evolutiva pode ser a chave para a interpretação dos estudos paleoambientais realizados nos Campos Rupestres, visto que todos os processos de interação entre os organismos correm de maneira co-evolutiva (Gonçalves, 2016).

As datações existentes para a matéria orgânica de solos ocorrentes nas turfeiras da Serra do Espinhaço trazem grandes contribuições para o entendimento de sua fitogeografia, e reconstituição paleoambiental do processo de origem e evolução dos Campos Rupestres no nível de estabilidade geossistêmica que possuem atualmente, entretanto, as interpretações possíveis são limitadas pelo caráter possivelmente localizado das informações isotópicas e radiocarbônicas. Por outro lado, a lacuna de informações acerca da ecologia evolutiva das espécies é enorme, impossibilitando a incorporação de tantos fatores que podem ter atuado de forma determinante na formação e estabelecimento das espécies, bem como na expansão e retração da vegetação.

A partir da leitura dos trabalhos que se têm disponíveis a respeito dos Campos Rupestres é possível supor que representam uma vegetação relictual, cujo processo de estabelecimento se deu ao longo do Quaternário, todavia não se pode também descartar a influência de eventos ainda mais antigos no processo de origem dos Campos Rupestres (Barbosa, 2011). Tamanha complexidade na dinâmica geossistêmica pressupõe complexos modelos de conservação desse ecossistema, considerando a contribuição de cada uma das peças desse complexo quebra-cabeça para definição de quais são as melhores estratégias de manutenção do equilíbrio funcional da vegetação.

#### 4. Conclusão

Atualmente, os Campos Rupestres, assim como todo e qualquer ecossistema montanhoso do planeta, enfrentam diversas ameaças devido às atuais mudanças climáticas. Mas são de importância prioritária consensual entre diferentes pesquisadores e áreas de pesquisa. O que reitera a importância de pesquisas que ajudem a compreender como surgiu, como se estabeleceu e como evoluiu esse ecossistema ao ponto em que se encontra hoje, com uma diversidade tão alta, mas com resiliência tão baixa. Os dados de reconstituição ambiental que tragam informações paleoecológicas, integrados aos dados de filogenia, filogeografia, fenologia, palinologia, fisiologia, nutrição de plantas, ecologia de populações, de comunidades, geomorfologia, climatologia, pedologia, modelagem ambiental, botânica e tantas outras áreas que possam contribuir para compreensão da dinâmica evolutiva e geossistêmica dos Campos Rupestres, são imprescindíveis na difícil tarefa de montagem do quebra-cabeça que compõe a história fitogeográfica dessa vegetação. Esses conhecimentos integrados são base de elaboração das estratégias de conservação e manejo de vida silvestre no ecossistema que

abriga uma das maiores taxas de biodiversidade do país mais biodiverso do planeta.

#### 5. Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

#### Referências

- Ab'Saber, A.N., 1957. *Conhecimento sobre as flutuações climáticas do quaternário no Brasil*. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 6, pp.41-48, 1957.
- Ab'Saber, A.N., 1950. *Sucessão de quadros paleogeográficos no Brasil do Triássico ao Quaternário*. In: Anuário da Faculdade de Filosofia, Sedes Sapientiae 1950-1951. Universidade Católica de São Paulo, pp.61-69.
- Ab'Saber, A.N., 1967. *Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil*. Revista Orientação, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo (IGEOP/USP), 3, pp.45-48.
- Ab'Saber, A.N., 1969. *Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário*. Revista Geomorfologia, Universidade de São Paulo, 18, pp.1-23.
- Ab'Saber, A.N., 2003. *Relictos, redutos e refúgios: complexidade marca a trajetória de alguns termos e conceitos em ciências*. Scientific American Brasil, 2(14), pp.98.
- Alves, R.J.V. and Kolbek, J., 1994. *Plant species endemism in savanna vegetation on table mountains (Campo Rupestre) in Brazil*. Vegetatio, 113(2), pp.125-139.
- Bahia, T.O., 2016. *Respostas ecológicas de plantas de campos rupestres ferruginosos ao aumento experimental de nutrientes*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais.
- Barbosa, N.P.U., 2011. *Modelagem de distribuição aplicada aos campos rupestres*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais.
- Barral, U.M., 2018. *Hidrologia e fluxo de carbono em turfeiras tropicais de montanha*. Tese de Doutorado. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.
- Behling, H., 1997. *Late Quaternary vegetation, climate and fire history of the Araucaria forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná State (South Brazil)*. Review of Palaeobotany and Palynology, 97(1-2), pp.109-121. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(96\)00065-6](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(96)00065-6).
- Brum, M., 2013. *Partição de recursos hídricos em comunidades vegetais de campo rupestre e campo de altitude no Sudeste brasileiro*. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas.
- Bünger, M.D.O., Stehmann, J.R. and Oliveira-Filho, A.T., 2014. *Myrtaceae throughout the Espinhaço Mountain Range of centraleastern Brazil: floristic relationships and geoclimatic controls*. Acta Botanica Brasílica, 28(1), pp.109-119. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062014000100011>.

- CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, 2019. *Guia do Portal de Periódicos*, está disponível para consulta. [online] Disponível em: <[https://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com\\_pnews&component=NewsShow&view=pnewsnewsshow&cid=716&mn=71](https://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com_pnews&component=NewsShow&view=pnewsnewsshow&cid=716&mn=71)>. [Acessado 08 Agosto 2019].
- Carmo, F.F. e Jacobi, C.M., 2013. *A vegetação de canga no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: caracterização e contexto fitogeográfico*. Rodriguésia-Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 64(3), pp.527-541. <https://doi.org/10.1590/S2175-78602013000300005>.
- Coelho, M.S., Carlos, P.P., Pinto, V.D., Meireles, A., Negreiros, D., Morellato, L.P.C. and Fernandes, G.W., 2018. *Connection between tree functional traits and environmental parameters in an archipelago of montane forests surrounded by rupestrian grasslands*. *Flora*, 238, pp.51-59. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.04.003>.
- Carmo, F.F. e Jacobi, C.M., 2013. *A vegetação de canga no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: caracterização e contexto fitogeográfico*. Rodriguésia-Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 64(3), pp.527-541. <https://doi.org/10.1590/S2175-78602013000300005>.
- Costa, C.R., 2018. *Reconstituição paleoambiental utilizando uma abordagem multi-proxy em um registro de turfeira tropical de montanha, Minas Gerais, Brasil*. Tese de Doutorado. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.
- Echternacht, L., Trovó, M., Oliveira, C.T. and Pirani, J.R., 2011. *Areas of endemism in the Espinhaço range in Minas Gerais, Brazil*. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 206(9), pp.782-791. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2011.04.003>.
- Fjeldsaa, J. and Lovett, J.C., 1997. *Geographical patterns of old and young species in African forest biota: the significance of specific montane areas as evolutionary centres*. *Biodiversity and Conservation*, 6(3), pp.325-346.
- Gonçalves, T.S., 2016. *Interações ecológicas e evolutivas entre: Plantas, herbívoros e seus inimigos naturais*. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 11(3), pp.1-9. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v11i3.591>.
- Hewitt, G.M., 2004. *Genetic consequences of climatic oscillations in the Quaternary*. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 359(1442), pp.183-195. <https://doi.org/10.1098/rstb.2003.1388>.
- Higuchi, P., Silva, A.C., Budke, J.C., Mantovani, A., Bortoluzzi, R.L.C. e Ziger, A.A., 2013. *Influência do clima e de rotas migratórias de espécies arbóreas sobre o padrão fitogeográfico de florestas na região sul do Brasil*. *Ciência Florestal*, 23(4), pp.539-553. <https://doi.org/10.5902/1980509812338>.
- Leitão Filho, H.D.F., 1987. *Considerações sobre a florística de florestas tropicais e sub-tropicais do Brasil*. *Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais*, 35(35), pp.41-46.
- Lindoso, G. e Felfili, J.M., 2007. *Características florísticas e estruturais de Cerrado sensu stricto em Neossolo Quartzarênico*. *Revista Brasileira de Biociências*, 5(S2), pp.102-104.
- Luz, L.D., Parolin, M., Pessenda, L.C.R., Rasbold, G.G. and Lo, E., 2019. *Multiproxy analysis (Phytolits, stables isotopes, and C/N) as indicators of paleoenvironmental changes in a Cerrado site, Southern Brazil*. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 22(1), pp.15-29. <http://dx.doi.org/10.4072/rbp.2019.1.02>.
- Monteiro, L., Machado, N., Martins, E., Pougy, N., Verdi, M., Martinelli, G. and Loyola, R., 2018. *Conservation priorities for the threatened flora of mountaintop grasslands in Brazil*. *Flora*, 238, pp.234-243. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.03.007>.
- Moura, I.I.O.D., 2010. *Fitogeografia do cerrado rupestre: relações florístico-estruturais e ecológicas de espécies lenhosas*. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília.
- Mucida, D.P., Gontijo, B.M., de Moraes, M.S. e Fagundes, M., 2019. *A degradação ambiental em narrativas de naturalistas do século XIX para a reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço*. *Caderno de Geografia*, 29(57), pp.465-495. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2019v29n57p465-495>.
- Negreiros, D., Le Stradic, S., Fernandes, G.W. and Rennó, H.C., 2014. *CSR analysis of plant functional types in highly diverse tropical grasslands of harsh environments*. *Plant ecology*, 215(4), pp.379-388. <https://doi.org/10.1007/s11258-014-0302-6>.
- PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2014. *Base científica das mudanças climáticas*. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Ambrizzi, T., Araujo, M. eds.]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Queiroz, S.N.D.P., Pacheco, M.A.D.C.M., Sant'ana, L.P., Da Cruz, C.C., Oliveira, C.N.S., Sincurá, Y.R. e Rech, A.R., 2019. *Polinizadores e visitantes florais da Cadeia do Espinhaço: o estado da arte*. *Revista Espinhaço*, 7(2), pp.12-26.
- Radam Brasil, P., 1982. *Fitogeografia brasileira: Classificação Fisionômico-Ecológica da vegetação Neotropical*. Orientação e Coordenação Veloso, HP e Góes-Filho, L. Documento elaborado pela Divisão de Vegetação do Projeto RADAMBRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral-MME, Salvador, BA.
- Rapini, A.; Ribeiro, P.L., Lambert, S. e Pirani, J.R., 2008. *A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço*. *Megadiversidade*, 4(1-2), pp.16-24.
- Ribeiro, K.T. e Freitas, L., 2010. *Impactos potenciais das alterações no Código Florestal sobre a vegetação de campos rupestres e campos de altitude*. *Biota Neotropica*, 10(4), pp.239-246. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000400029>.
- Safford, H., 2007. *Brazilian Páramos IV. Phytogeography of the campos de altitude*. *Journal of Biogeography*, 34(10), pp.1701-1722. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01732.x>.
- Silberbauer-Gottsberger, I., 1981. *O cerrado como potencial de plantas medicinais e tóxicas*. *Revista Oréades*, 8(15), pp.15-30.

- Vanzolini, P.E., 1992. *Paleoclimas e especiação em animais da América do Sul tropical*. Revista Estudos Avançados. (6)15, pp.41-65. <https://doi.org/10.1590/S0103-40141992000200003>.
- Villagrán, C. e Hinojosa, L.F., 1997. *Historia de los bosques del sur de Sudamérica*, II: Análisis fitogeográfico. Revista Chilena de Historia Natural, 70(2), pp.1-267.
- Woodward, F.I., Smith, T.M. and Emanuel, W.R., 1995. *A global land primary productivity and phytogeography model*. Global biogeochemical cycles, 9(4), pp.471-490. <https://doi.org/10.1029/95GB02432>.