

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 20/10/2023

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until October 20, 2023

DAYANE GRAZIELLA PEREIRA DE OLIVEIRA DOS SANTOS

**ECOGEOGRAFIA E DIVERSIDADE QUÍMICA DE POPULAÇÕES DE
Lychnophora pinaster MART**

Botucatu

2020

DAYANE GRAZIELLA PEREIRA DE OLIVEIRA DOS SANTOS

**ECOGEOGRAFIA E DIVERSIDADE QUÍMICA DE POPULAÇÕES DE
Lychnophora pinaster MART**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutora em Agronomia (Horticultura).

Orientadora: Dra. Marcia Ortiz Mayo Marques

Coorientador: Dr. Lin Chau Ming

Botucatu

2020

S237e	<p>Santos, Dayane Graziella Pereira De Oliveira Dos Ecogeografia e diversidade química de populações de <i>Lychnophora pinaster</i> Mart / Dayane Graziella Pereira De Oliveira Dos Santos. -- Botucatu, 2021</p> <p>73 p. : tabs., fotos, mapas</p> <p>Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu Orientadora: Marcia Ortiz Mayo Marques Coorientadora: Lin Chau Ming</p> <p>1. Plantas medicinais. 2. Compostos bioativos. 3. Diversidade de populações. 4. Campos rupestres. 5. Ecogeografia. I. Título.</p>
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ECOGEOGRAFIA E DIVERSIDADE QUÍMICA DE POPULAÇÕES DE *Lychnophora pinaster* MART.

AUTORA: DAYANE GRAZIELLA PEREIRA DE OLIVEIRA DOS SANTOS

ORIENTADORA: MÁRCIA ORTIZ MAYO MARQUES

COORDENADOR: LIN CHAU MING

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Marcia Ortiz Mayo Marques

Dr.^a MÁRCIA ORTIZ MAYO MARQUES

Centro de P&D de Recursos Genéticos Vegetais / Instituto Agronômico de Campinas

Marcia Ortiz Mayo Marques

Pesquisadora Dr.^a SANDRA MARIA PEREIRA DA SILVA

Polo Regional do Vale do Paraíba / Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio - APTA

Marcia Ortiz Mayo Marques

Prof.^a Dr.^a MARIA APARECIDA RIBEIRO VIEIRA

Pós-Doutoranda - Botânica / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP

Marcia Ortiz Mayo Marques

Prof.^a Dr.^a JORDANY APARECIDA DE OLIVEIRA GOMES

Pós-Doutoranda - Centro de P&D de Recursos Genéticos Vegetais / Instituto Agronômico de Campinas

Marcia Ortiz Mayo Marques

Prof. Dr. MARCELO TELASCREÁ

Engenharia Química - Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas / Universidade do Sagrado Coração

Botucatu, 20 de outubro de 2020

À meu esposo Douglas e minha filha Manuela,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Ao meu querido esposo Douglas, minha filha Manuela, meus pais (Pereira e Nilda) e sogros pelo apoio incondicional.

À Prof. Dra Marcia Ortiz Mayo Marques, pela orientação, ensinamentos e paciência.

Ao meu coorientador Lin Chau Ming, pelo apoio e ensinamentos.

À Prof. Dra Alexandra Sawaya, pelo apoio e ensinamentos.

Aos meus amigos e parceiros Ana Paula Marques, Júlio César Rodrigues Lopes Silva e Jordany Aparecida de Oliveira Gomes, que contribuíram para o desenvolvimento e finalização deste trabalho, especialmente ao Júlio César Rodrigues Lopes Silva pelo auxílio nas análises estatísticas. Sou grata por todos os momentos de alegria, conselhos e incentivos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro (Processo nº 2017 / 24927-7).

Ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro (nº 309957 / 2015-0, nº 309585/2019-8).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento (edital capes procad/Processo nº 2013, edital capes pgpse/ Processo nº 2016).

Ao Instituto Agrônômico (IAC) pelo apoio e estrutura.

À Universidade Estadual Universidade Estadual Campinas (Unicamp) pelo apoio e estrutura.

À Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) pelo conceituado curso e a oportunidade de realizar meu trabalho.

RESUMO

Um dos centros de diversidade vegetal e endemismo no Brasil é a vegetação de Campos Rupestres. *Lychnophora pinaster*, conhecida como arnica-mineira, é uma espécie endêmica dos Campos Rupestres, em risco de extinção e usada na medicina popular para traumatismos, como anti-inflamatório e cicatrizante. Este estudo teve por objetivo caracterizar os constituintes fenólicos e a ecogeografia de 11 populações de *L. pinaster* coletadas nas mesorregiões Norte, Jequitinhonha, Metropolitana de Belo Horizonte e Campos das Vertentes no estado de Minas Gerais, Brasil. A vitexina e o ácido clorogênico são os constituintes em maior concentração nas populações. O perfil dos constituintes fenólicos nas populações variou em função da origem geográfica. *L. pinaster* ocorre em locais de alta altitude (700 m e 1498 m), precipitações anuais de até 1455 mm, em solos ferruginosos, baixa fertilidade e de textura predominantemente franca, podendo ser considerada uma espécie tolerante a solos ácidos e com pouca disponibilidade de nutrientes. Apresenta variações morfométricas e nutricional foliar entre populações, com maiores índices nas de ocorrência nas mesorregiões Norte e do Jequitinhonha. O ambiente de ocorrência da *L. pinaster* no estado Minas Gerais é diverso contribuindo para a diversidade química das populações, assim como dos aspectos morfológicos nas diferentes regiões.

Palavras-chave: Arnica-mineira. Asteraceae. Ácido clorogênico. Flavonóides. Plantas medicinais. Solo. Caracterização ambiental.

ABSTRACT

One of the hotspots of plant diversity and endemism in Brazil is the vegetation of Rupestrian Fields. *Lychnophora pinaster*, known as arnica-mineira, is endemic to Rupestrian Fields, at risk of extinction and used in folk medicine for trauma, as anti-inflammatory and healing agents. This study aimed to characterize the phenolic constituents and the ecogeography of 11 populations of *L. pinaster* collected in the North, Jequitinhonha, Metropolitan of Belo Horizonte and Campos das Vertentes mesoregions in the State of Minas Gerais, Brazil. Vitexin and chlorogenic acid are the major constituents in concentration in populations. The profile of phenolic constituents in populations varied according to geographic origin. *L. pinaster* occurs in sites at high altitude (700 m and 1,498 m), annual rainfall of up to 1,455 mm, in ferruginous soils, with low fertility and predominantly loamy in texture, and can be considered a species tolerant to acidic soils, with little availability of nutrients. It presents morphometric and leaf nutritional variations among populations, with higher rates in those occurring in the North and Jequitinhonha mesoregions. The environment of occurrence of *L. pinaster* in the state of Minas Gerais is diverse, contributing to the chemical diversity of the populations, as well as the morphological aspects in the different regions.

Keywords: Arnica-mineira. Asteraceae. Chlorogenic acid. Flavonoids. Medicinal plants. Soil.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVO	18
2.1	Objetivo específico	18
3	REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1	<i>Lychnophora pinaster</i>	19
3.2	Ecogeografia de populações de <i>Lychnophora pinaster</i>	21
3.3	Composição química da <i>Lychnophora pinaster</i>	25
4	MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1	Amostragem	30
4.2	Análise morfométrica e nutricional da folha.....	32
4.3	Análise química do Solo	33
4.4	Obtenção dos extratos etanólicos.....	34
4.5	Análise cromatográfica do extrato da <i>L. pinaster</i>	35
4.6	Análise Estatística.....	36
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1	Análise ecogeográfica das regiões de coleta	38
5.2	Atributos do solo das regiões ecogeográficas de ocorrência <i>L. pinaster</i> ..	42
5.3	Análise nutricional das folhas de <i>Lychnophora pinaster</i>	48
5.4	Caracterização dos constituintes fenólicos dos Extratos de <i>L. pinaster</i> ...	52
5.5	Correlação dos dados.....	60
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
7	CONCLUSÃO	64
	REFERÊNCIAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países megadiversos do mundo e é o país mais rico em espécies (FORZZA et al. 2012). Isso se deve à presença de diversos centros de diversidade vegetal com uma infinidade de fatores ambientais (DAVIS et al. 1997, Oliveira-Filho & Fontes 2000), mas a diversidade é resultado da soma de processos históricos ao longo do tempo, da interação entre processos evolutivos com fatores ambientais (WIENS et al. 2006, ANTONELLI et al. 2019). Um desses centros de diversidade vegetal é a vegetação de Campos Rupestres, que foi elevada a uma biorregião formal em nível de província (COLLI-SILVA et al. 2019), como Cerrado, Caatinga e Pampa. Essa formalização é um reconhecimento de sua alta importância biológica para a biota sul-americana, devido a sua alta biodiversidade e endemismo (GIULIETTI et al. 2000, ECHTERNACHT et al. 2011, COLLI-SILVA et al. 2019). Ocupando apenas 0,74% da superfície terrestre do território nacional, Campos Rupestres possui 9.125 espécies e 1.748 endêmicas (ARAUJO, 2017 ; COLLI-SILVA et al. 2019).

Campos Rupestres é uma vegetação propensa ao fogo (ALVES, 2011), composta principalmente por pastagens ou pradarias intercaladas com pastagens com solos rochosos (SILVEIRA et al. 2015 ; MUCINA, 2017). Esta vegetação ocorre de 700 a 2.033 metros de altitude e é considerada uma vegetação zonal, que é limitada pelos tipos de solos, quartzítico, arenito ou ironstone (ALVES ; KOBECK , 2010 ; SILVEIRA et al. 2015). Campos Rupestres é uma vegetação ameaçada de extinção devido a atividades antrópicas (FERNANDES et al. 2014 ; POUGY et al. 2015 ; VERDI et al. 2015). O clima dos Campos Rupestres consiste de invernos secos e verões chuvosos, solos diversificados e pobre em nutrientes (SILVEIRA et al. 2015 ; OLIVEIRA et al. 2015).

Asteraceae é a família de plantas mais diversa em Campos Rupestres, com 993 táxons, dos quais 208 são endêmicos (BFG, 2015 ; ARAUJO, 2017). Um gênero endêmico e típico de Campos Rupestres é *Lychnophora* Mart. com 39 espécies (SEMIR et al. 2011, 2014, 2020), com algumas espécies ameaçadas de extinção. Trata-se de uma espécie endêmica dos *Campos Rupestres* do estado de Minas Gerais, popularmente conhecida como arnica e arnica-mineira, e em risco de extinção (CNCflora, 2019). *Lychnophora pinaster* Mart. [sinônimos: *Lychnophora affinis*

Gardner, *Lychnophora trichocarpha* (Spreng.) Spreng.] em decorrência da degradação de seu habitat por atividades de mineração, expansão urbana, queimadas e uso indiscriminado com propósito medicinal (SANTOS et.al. 2008; CNFlora 2019).

As partes aéreas são amplamente usadas na medicina popular sob forma de extrato hidroalcoólico (uso tópico), em casos de contusões, inchaços, hematomas e traumatismos (SILVEIRA et al. 2005, RODRIGUES; CARVALHO, 2001).

Estudos descritos na literatura com *L. pinaster*, conferem à planta potencial tripanocida, ação antibacteriana contra *Staphylococcus aureus*, anti-inflamatória (SILVEIRA et al. 2005; ABREU et al. 2011; ABREU et al., 2013; MULLER et al. 2019). Das substâncias relacionadas as propriedades biológicas da espécie destacam-se: 15-deoxi-goiazensolido, ácido cafeico, ácido isoclorogênico, vitexina, isovitexina e ácido *E*-lichnofórico, com ação tripanocida (SILVEIRA et al. 2005); 15-deoxi-goiazensolido, como antibacteriano (KELES et al. 2011); α -amirina, quercetina, estigmasterol, sitosterol, friedelina, ácido clorogênico, ácido cinâmico, ácido cafeico, rutina e lupeol como anti-inflamatórios (ABREU et al. 2013; MULLER et al. 2019).

A composição química das plantas é característica da espécie. A produção de metabólitos especializados (também denominado de secundário) nas plantas é controlada geneticamente e epigeneticamente (TRAPP; CROTEAU, 2001), assim como, por fatores ambientais podem-se destacar a luz (intensidade e fotoperíodo), a latitude, a temperatura (mínima, máxima e média), o solo (atributos químicos e físicos). Em resposta aos fatores abióticos as plantas sofrem ajustes no metabolismo primário e especializado, principalmente para evitar, tolerar ou até mesmo resistir aos estresses ambientais (SOUZA; LUTTGE 2015). Os fatores ambientais como sazonalidade, índice pluviométrico, temperatura, altitude, solo, entre outros, apresentam correlações entre si e não atuam isoladamente, podendo influir em conjunto no metabolismo especializado e no desenvolvimento foliar e/ou surgimento de novos órgãos das plantas (LOPES et al. 2007).

Populações de *L. pinaster* ocorrem na região sudeste da Serra do Espinhaço (Serra do Caraça, Ouro Preto, Serra de Ouro Branco, Carrancas, São João del-Rei, Serra da Moeda, Serra do Rola Moça, Curral e Lavras) e na região intermediária da Serra do Cipó e alguns pontos do Planalto de Diamantina (SEMIR, 2011), regiões com condições edafoclimáticas distintas.

A ocorrência de quimiotipos em várias espécies de plantas sugere que as mesmas tenham se adaptado a condições ecológicas ou de domesticação distintas.

Diante da significativa alteração da composição química dos óleos essenciais nas diferentes regiões de ocorrência de *L. pinaster* (ISOBE, 2012; SILVA, 2013; SILVA, 2016; MARQUES, 2020) há de se considerar que as substâncias não voláteis, dentre estas as relacionadas com as propriedades biológicas da espécie, podem estar sendo alteradas em resposta a interação dos genótipos com os diferentes ambientes dos locais de ocorrência na espécie no estado de Minas Gerais.

Os estudos envolvendo a caracterização química dos constituintes não voláteis de *L. pinaster* são restritos aos municípios de Moeda e Itabirito, pertencentes a região Metropolitana de Belo Horizonte. Não há, até o momento, estudos envolvendo as características ecogeográficas das regiões de ocorrência de *L. pinaster*, cuja informação é relevante para o entendimento da adaptação da espécie quanto aos fatores edáficos, climáticos (temperatura e precipitação) e geográficos, cujas informações podem auxiliar na formulação de estratégias de conservação da espécie.

7 CONCLUSÃO

Nos extratos etanólicos das folhas de *L. pinaster* foram identificados os ácidos clorogênico, ácido *p*-cumárico, quercetina, vitexina e rutina. As populações da mesorregião Norte e Jequitinhonha possuem maior concentração de vitexina e a dos Campos das Vertentes do ácido clorogênico. A espécie ocorre em locais de alta altitude (700m e 1498m), precipitações anuais de até 1455 mm, em solos ferruginosos, baixa fertilidade e de textura predominantemente franca. Apresenta variações morfométricas entre populações, com maiores índices para os indivíduos da população do município de Grão Mogol (mesorregião Norte) e menores valores para os das populações de Nova Lima (mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte). De modo geral, a *L. pinaster* apresentou maiores valores de nutrientes foliares na região região norte e Jequitinhonha, exceto o Fe. O ambiente de ocorrência da *L. pinaster* no estado Minas Gerais é diverso, contribuindo para a diversidade química das populações, assim como dos aspectos morfológicos nas diferentes regiões.

REFERÊNCIAS

- ABREU, V. G. C.; TAKAHASHI, J. A.; DUARTE, L. P.; PILÓ-VELOSO, D.; JÚNIOR, P. A. S.; ALVES, R. O.; ROMANHA, A. J.; ALCÂNTARA, A. F. C. Evaluation of the bactericidal and trypanocidal activities of triterpenes isolated from the leaves, stems, and flowers of *Lychnophora pinaster*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 21, n. 4, p. 615- 621, 2011.
- ABREU, V. G. C.; CORREA, G. M.; SILVA, T. M.; FONTOURA, H. S.; CARA, D. C.; PILÓ-VELOSO, D.; ALCÂNTARA, A. F. C. Anti-inflammatory effects in muscle injury by transdermal application of gel with *Lychnophora pinaster* aerial parts using phonophoresis in rats. **BMC. Complementary and Alternative Medicine**, v. 13, n. 270, p. 2-8, 2013.
- AB'SABER, A. N. **Os domínios morfoclimáticos na América do Sul**. *Geomorfologia*, v.52, n.1, p.1-22, 1977.
- ALVES, R.J.V. & KOLBECK, J. 2010. Campo rupestre vegetation be floristically delimited based on vascular plant genera. **Plant Ecol** 207:p. 67-79.
- ALCÂNTARA, A. F. C.; SILVEIRA, D.; CHIARI, E.; OLIVEIRA, A. B.; GUIMARÃES, J. E.; RASLAN, D. S. Comparative analysis of the trypanocidal activity and chemical properties of E-*lychnophoric* acid and its derivatives using theoretical calculations. **Eclética Química**, v. 30, n. 3, p. 37-45, 2005.
- ALVES, R. J. V.; SILVA, N. G. **O fogo é sempre um vilão nos campos rupestres**. **Biodiversidade Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 120-127, 2011.
- ALMEIDA, C.I. M. **Germinação e efeito de doses de fósforo no crescimento inicial e atividade in vivo da fosfatase ácida em *Lychnophora ericoides* MART.** 2006. 70 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, 2006. Acesso em: <<http://hdl.handle.net/11449/93482>>.
- ANTONELLI, A., ZIZKA A., CARVALHO, F.A, SCHRAN, R. BACON, C.D., SILVESTRO, D. & CONDAMINE, F. 2018. **Amazonia is the primary source of neotropical Biodiversity**. *PNAS* 115: 23 p.
- ARAUJO, L.F. 2017. **Flora vascular dos campos Rupestres: Composição Florística, Esforço Amostral e Riqueza de Espécies**. Programa de Pós-graduação em Biologia vegetal. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- BORELLA JC, LOPES JLC, VICHNEWSKI W, CUNHA WR, Herz W 1998. Sesquiterpene lactones, triterpenes and flavones from *Lychnophora ericoides* and *Lychnophora pseudovillosissima*. **Biochem Syst Ecol** 26: 671-676.
- BORSATO MLC, Graef CFF, Souza GEP, Lopes NP. 2000. Analgesic activity of the lignans from *Lychnophora ericoides*. **Phytochemistry** 55: 809-813.

BFG (The Brazil Flora Group) 2015. Growing knowledge: An overview of seed plant diversity in Brazil. **Rodriguésia** 66: p. 1085–1113.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. 2013. Elementos da natureza e propriedades dos solos. 3. ed. Porto Alegre: **Bookman**. 790p.

BRASIL. SECRETARIA DE APOIO RURAL E COOPERATIVISMO. 2002. **Amostragem e análise de solo: calagem, adubação, semente**. Brasília: MAPA/SARC. 34p.

BURNHAM, M.B.; CUMMING, J.R.; ADAMS, M.B.; PETERJOHN, W.T. 2017. Soluble soil aluminium alters the relative uptake of mineral nitrogen forms by six mature temperate broadleaf tree species: possible implications for watershed nitrate retention, n.185 **Oecol.** p.327-337.

CENTENO, L N et al. Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. 2017. **Rev Bras de Eng e Sustent** 4: n. 1, p. 31-37.

CERQUEIRA, M. B. S.; SOUZA, J. T.; AMADO, J. R. R.; PEIXOTO, A. B. F. Ação analgésica do extrato bruto aquoso liofilizado do caule e folhas da *Lychnophora ericoides* Mart. (arnica). **Ciência e Cultura**, v. 39: 551-555, 1987.

CHIARI, E.; DUARTE, D. S.; RASLAN, D. S.; SAÚDE, D. A.; PERRY, K. S. P.; BOAVENTURA, M. A. D.; GRANDI, T. S. M.; STEHMANN, J. R.; ANJOS, A. M. G.; OLIVEIRA, A. B. In vitro screening of asteraceae plant species against *Trypanosoma cruzi*. **Phytotherapy Research**, v. 10, n. 7, p. 636–638, 1996.

CNCFlora. **Lychnophora pinaster in Lista Vermelha da flora brasileira**. Versão 2012. Centro Nacional de Conservação da Flora. Accessed from [http://cnclflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Lychnophora pinaster](http://cnclflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Lychnophora%20pinaster). Date of acces 14 July 2019.

COLLI-SILVA, M., VASCOCELLOS, T. N. & PIRANI, J.R. 2019. Outstanding plant endemismo levels strongly supports the recognition of campo rupestre provinces in mountaintops in eastern Brazil. **Journal of Biogeog** 46: p.1723-1733.

COURA, S. M. C. **Mapeamento de vegetação do estado de minas gerais utilizando dados modis**. 2006. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE, 129p.

CPTEC/INPE. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. Accessed from <http://bancodedados.cptec.inpe.br/>. Date of access 15 August 2017.

DAVIS, S.D.; HEYWOOD, V.H.; HERRERA-MAC BRYDE, O.; VILLA-LOBOS, J. & HAMILTON, A.C. (eds). 1997. **Centers of plant diversity: a guide and strategy for their conservation 3 The Americas**. IUCN Public Unit, Cambridge. 552p.

DINIZ, E.S.; PAVANELLI, A.P. & SOARES JUNIOR, F.J. 2010. Estrutura populacional de *Lychnophora pinaster* Mart. em um trecho de Campo Rupestre no sul de Minas Gerais, Brasil. **Pesq Bot** 61: p. 191-204.

DUARTE, D. S.; RASLAN, D. S.; CHIARI, E.; OLIVEIRA, A. B. Trypanocidal activity of *Lychnophora pinaster* Mart. **Memorial do Instituto Oswaldo Cruz**. p. 88-240, 1993.

EMBRAPA 1999. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos.

ECHTERNACHT, L.; TROVÓ M, OLIVEIRA C. T, PIRANI J. R, 2011. Areas of endemism in the Espinhaço Range in Minas Gerais, Brazil. **Flora** 206: p.782-791.

FERNANDES, G.W.; BARBOSA NPU, NEGREIROS D, PAGLIA AP. 2014. Challenges for the conservation of vanishing megadiverse rupestrian grasslands. **Nat Conserv** 12: p.162–165.

FERRAZ-FILHA, Z. S.; LOMBARDI, J. A.; GUZZO, L. S.; SAÚDE-GUIMARÃES, D. A. Brine shrimp (*Artemia salina* Leach) bioassay of extracts from *Lychnophoriopsis candelabrum* and different *Lychnophora* species. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 2, p. 358-361, 2012.

FERRI, M.G. 1980. **Vegetação brasileira**. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.

FERREIRA, S. A. **Avaliação da toxicidade e das atividades analgésicas e antiinflamatória do extrato etanólicos de *Lychnophora pinaster* (ARNICA)**. DISSERTAÇÃO (MESTRADO) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO. 2010.

FERREIRA, D. F. **SISVAR: A computer analysis to dixed effects split plot type designs**. 2019. **Rev Bras Biomet** 37: p 529-535.

FORBES, V. E.; FORBES, T. L. **Ecotoxicology in theory and practice**. London: Chapman and Hall, 1994.

FORZZA, R.C.; BAUMGRASTZ, J.F.A.; BICUDO, C.E.M, et al. 2012. New Brazilian floristic list highlights conservation challenges. **Bio Science** 62: 39-45.

FURST, H.; RONNIE P.S.; FERNANDES, G. W.; GALUPPO, L. Z.; MACHADO, I. C.A.; VILLAR, P.; NEGREIROS D. 2017. Rebrotamento pós-fogo em arbusto ameaçado e microendêmico dos campos rupestres da Serra do Cipó, sudeste do Brasil. **Neotropic Bio and Conserv** 12: p.143-149.

FREITAS, M.S.M.; MONNERAT, P.H.; VIEIRA, I.J.C. (2008). Mineral deficiency in *Passiflora alata* Curtis: vitexin bioproduction. **Journal of Plant Nutrition**, v.31, n.10, p.1844-1854.

GIULIETTI, A.M.; HARLEY, R.M.; QUEIROZ, L.P.; WANDERLEY, M.G.L.; PIRANI, J.R. **Caracterização e endemismos nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço**. In: Cavalcanti, T.B.; Walter, B.M.T. (eds.). **Tópicos Atuais de Botânica**. Brasília: EMBRAPA Recursos Genéticos. pp. 311-318. 2000.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N.P. 2007. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química nova** 30: p. 374-381.

GOODLAND, R.; FERRI, M G; AMADO, E. 1979. **Ecologia do cerrado**. Livraria Itatiaia Editora. Belo Horizonte. 193p.

GRAEL, C.F.F.; ALBUQUERQUE, S.; LOPES, J.L.C. Chemical constituents of *Lychnophora pohlii* and trypanocidal activity of crude plant extracts and of isolated compounds. **Fitoterapia, Milano**, v. 76, p. 73-82, 2005.

GRATANI, L.; COVONE, F.; LARCHER, W. Leaf plasticity in response to light of three evergreen species of the Mediterranean maquis. **Trees**, Berlin, v.20, p.549-558, 2006.

GUZZO, L. S.; SAÚDE-GUIMARÃES, D. A.; SILVA, A. C. A.; LOMBARDI, J. A.; GUIMARÃES, H. N.; GRABE-GUIMARÃES, A. Antinociceptive and antiinflammatory activities of ethanolic extracts of *Lychnophora* species. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 116, n. 120–124, 2008.

HARLEY, R.M. 1995. Introduction. In Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Brazil. (B.L. Stannard ed.). **Royal Botanical Gardens**, Kew, p.1-78.

HARIDASAN, M. 2000. **Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado**. Revista Brasileira Fisiologia Vegetal 12: p.54-64.

HORBOWICZ, M.; KOWALCZYK, W.; GRZESIUK, A.; MITRUS, J. 2011. Uptake of aluminium and basic elements, and accumulation of anthocyanins in seedlings of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) as a result increased level of aluminium in nutrient solution. **Ecol Chem and Eng** 18: n. 4.

HUTCHINGS, M.J. 1997. The structure of plant populations. In Plant ecology (M.J. Crawley, ed.). **Blackwell Science**, Oxford, p.325-358

IBGE. **Mapa de Vegetação do Brasil**. Ministério do Planejamento e Orçamento, 1993.

IBGE. **Biomass e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil**. 2019. Accessed from <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15842-biomass.html?=&t=sobre>. Date of access 20 de june. 2020.

ISOBE, M. T. C. **Anatomia foliar e influência da sazonalidade no óleo essencial de populações de *Lychnophora pinaster* Mart.** 2012. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. Accessed from <http://bancodedados.cptec.inpe.br/>. Date of access 15 de august de 2017.

KELES, L. C.; MELO, N. I.; AGUIAR, G. de P.; WAKABAYASHI, K. A. L.; CARVALHO, C. E. de; CUNHA, W. R.; CROTTI, A. E. M. *Lychnophorinae*

(Asteraceae): a survey of its chemical constituents and biological activities. **Quimica Nova** 33: p.2245-2260. 2010.

LAPA, F.S. *Cordia curassavica* (JACQ.) ROEM. & SCHULT.: **Influência de fatores ambientais no crescimento e na produção de metabólitos**. (Dissertação Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, SC. 59 p., 2006.

LEBEDA, A.; DOLEZALOVÁ, I.; NOVOTNÁ, A. Wild and weedy *Lactuca* species, their distribution, ecogeography and ecobiology in USA and Canada. **Genetic Resource and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 59, n. 8, p. 1805-1822, Dec. 2012.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 4. ed. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 256p.

MALAVOLTA E; VITTI GC; OLIVEIRA SA. 1997. **Avaliação do estado nutricional das plantas—princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS. 210p

MARQUES, A. P. S. et al. 2020. Chemical diversity of essential oils from the Brazilian medicinal plant *Lychnophora pinaster* Mart from different environments. **Ind Crops and Prod.** 156:p.112856.

MARQUES NETO, Roberto. **As paisagens quartzíticas do planalto do alto rio grande: relações entre rocha-relevo-solo-vegetação na Serra de Carrancas (MG)**. CAMINHOS DE GEOGRAFIA - revista on line <<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html> >Uberlândia v. 13, n. 41 mar/2012 p. 263–281 Página 263.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. 2001. **Principles of plant nutrition**. 5th ed. Dordrecht: Kluwer Academic .849 p.

MUCINA, L. 2017. Vegetation of brazilian campos rupestres on siliceous substrates and their global analogues. **Flora**. 238: p.11-23.

MÜLLER, C. M. S.; COELHO, G. B.; ARAÚJO, M. C.P. M.; GUIMARAES, D. A. S. 2019. *Lychnophora pinaster* ethanolic extract and its chemical constituents ameliorate hyperuricemia and related inflammation. **Journal of Ethnopharm** 242: p. 112040.

MUKAKA, MM. et al. **A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research**. Malawi Med J. 2012 Sep; 24(3): 69–71.

OLIVEIRA, A. B.; SAÚDE D. A.; PERRY, K. S. P.; DUARTE, D. S.; RASLAN, D. S.; BOAVENTURA, M. A. D.; CHIARI, E. Trypanocidal sesquiterpenes from *Lychnophora* species. **Phytotherapy Research**, v. 10, n. 4, p. 292-295, 1996.

OLIVEIRA FILHO A.T. & FONTES, M.A.L. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotrop** 32:793-810.

OLIVEIRA JÚNIOR, A C; FAQUIN, V; PINTO, J E B P. 2006. Efeitos de calagem e adubação no crescimento e nutrição de arnica. **Hortic Bras** 24: p. 347-351.

OLIVEIRA RS, GALVAO HC, CAMPOS MCR, ELLER CB, PEARSE SJ, LAMBERS H. 2015. Mineral nutrition of Campos Rupestres plant species on contrasting nutrient-impooverished soil types. **New Phytol** 205: p. 1183–1194.

PARON, M. E. **Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em *Lychnophora ericoides* Mart (arnica da serra), efeitos da inoculação e estudos de propagação.** Jaboticabal: UNESP, 2002, 99p. (Tese doutorado em Microbiologia).

PEREIRA, M. C. A. **Estrutura das comunidades vegetais de afloramentos rochosos dos campos rupestres do Parque Nacional da Serra do Cipó, MG.** 1994. 163p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PINHEIRO, Paola Torres Silva Gandine. **Avaliação da atividade antiinflamatória de formulações de uso tópico contendo extratos de *Lychnophora pinaster* e *Symphytum officinale*.** 2010. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Escola de Farmácia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N., D, S., GARNIER, E., LAVOREL, S. **Australian Journal of Botany** 61:167–234.

POUGY, N., VERDI, M. MARTINS, E., LOYOLA, R. MARTINELLI, G. 2015. **Plano de Ação para a Conservação da Flora Ameaçada de Extinção da serra do Espinhaço Meridional.** Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro – JBRJ & Centro Nacional de Conservação da Flora – CNCFlora. Rio de Janeiro. 101p.

KEDDY, P.A. **Wetland ecology principles and conservation.** 5.ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 614p.

RAIJ, V. B. 2001. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** IAC.

RASBAND, W. S. **Image J: Image Processing and Analysis in Java.** 1997. Available from the U.S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. Available in: <https://imagej.nih.gov/ij/>.

REATTO, A., CORREIA, J.R., SPERA, S.T. & MARTINS, S. 2008. **Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos.** In Cerrado: ecologia e flora (S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). Embrapa Cerrados, Planaltina, p.108-149.

REIS, É.S.; PINTO, J.E.B.P.; BERTOLUCCI, S.K.V.; CORRÊA, R.M.; PAULA, J.R.; ANDRADE, S.T.; FERRI, P.H. 2010. Seasonal variation in essential oils of *Lychnophora pinaster* Mart. **Jour of Essent Oil Res** 22: p.147-149.

RESENDE, J. M. V. 2013. **Óleo essencial de *Lychnophora pinaster* Mart.: caracterização química, atividade antibacteriana, antifúngica, antiostragênica e hemolítica**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 116 p.

RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In Cerrado: **ecologia e flora** (S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). Embrapa Cerrados, Planaltina. p.151-212.

RIBEIRO, M. C.; FIGUEIRA, J. E. C. Uma abordagem histórica do fogo no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais – Brasil. **Revista Biodiversidade Brasileira** – Manejo do fogo em áreas protegidas, ICMBIO, n.2, 2011.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil; aspectos sociológicos e florísticos**. São Paulo: HUCITEC/USP, 1979. 374p.

RODRIGUES, V.E.G.; CARVALHO, D.A. 2001. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais no domínio do cerrado na região do Alto Rio grande, Minas Gerais. **Ciênc Agrotéc** 25: p.102-23.

SAADI, A. A Geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e suas margens. **Geonomos, Revista de Geociências**, 1995. 3(1):41-63.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. 2018. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Embrapa Solos. Cap.19.

SANTOS, M. D.; GOBBO-NETO, L.; ALBARELLA, L.; SOUZA, G. E. P.; LOPES, N. P. Analgesic activity of dicaffeoylquinic acids from roots of *Lychnophora ericoides* (Arnica da serra). **Journal of Ethnopharmacology**, v. 96, n. 3, p. 545-549, 2005.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C. & ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 92p.

SAFFORD, H.D. Brazilian Páramos I: An introduction to the physical environment and vegetation of the campos de altitude. **Journal of Biogeography**, Amsterdam, V. 26, p. 693 - 712, 1999.

SAÚDE, D. A.; BARRERO, A. F.; OLTRA, J. E.; RASLAN, D. F.; SILVA, E. A. Atividade antibacteriana de furanoelíngólidos. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 12, n. 1, p. 7-10, 2002.

SCHLICHTING, C. D. 1986. **The evolution of phenotypic plasticity in plants**. **Annual Review of Ecology and Systematics** 17: 667–693.

SEMIR, J. 1991. **Revisão taxonômica de *Lychnophora* Mart. (Vernonieae: Compositae)**. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Tese de doutorado.

SEMIR, J.; MONGE, M.; REZENDE, A.M.; LOPES, N.P. 2011. **As arnicas endêmicas das serras do Brasil - uma visão sobre a biologia e a química das espécies de *Lychnophora* (Asteraceae)**, Ouro Preto: Ed UFOP. 212 p.

SEMIR, J. LOEUILLE, B. & MONGE, M. 2014. *Lychnophora granmogolensis* (Asteraceae, Vernonieae) species complex: two new species and comments on the identity of *L. granmogolensis*. **System Bot** 39: p. 988-996.

SEMIR, J. LOEUILLE, B. & MONGE, M 2020. ***Lychnophora*. in Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Accessed from <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB16171>. Date of access 11 jun. 2020.

SENGIK, E.S. **Os Macronutrientes e os Micronutrientes das Plantas**. 2003. Disponível em: <http://www.nupel.uem.br/nutrientes-2003.pdf> . Acesso em: NOV. 2018.

SILVA S.M.P.DA. **Aspectos da fenologia e da reprodução sexuada da arnica (*Lychnophora pinaster* MART.) – Asteraceae**. 1994. 45 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, P. S. S. **Caracterização da composição química dos óleos essenciais de *Lychnophora pinaster* Mart. em função da sazonalidade**. 2013. 167 f. Dissertação de Mestrado (Agronomia: Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2013.

SILVA, P.S. S. **Caracterização da diversidade genética e composição química de *Lychnophora pinaster* MART**. Teses - Agronomia (Horticultura) - FCA, 2016.

SILVEIRA, D.; WAGNER, H.; CHIARI, E.; LOMBARDI, J. A.; ASSUNÇÃO, A. C.; OLIVEIRA, A. B.; RASLAN, D. S. Biological activity of the aqueous extract of *Lychnophora pinaster* Mart. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, n. 4, p. 294-297, 2005a.

SILVEIRA, D.; SOUZA FILHO, J. D.; OLIVEIRA, A. B.; RASLAN, D. S. Lychnophoric acid from *Lychnophora pinaster*: a complete and unequivocal assignment by NMR spectroscopy. **Eclética Química**, v. 30, n. 1, p. 37-41, 2005b.

SILVA, S.M.P. 1998. **Arnica de campos rupestres *Lychnophora pinaster* Mart. Asteraceae - aspectos da fenologia e da germinação de aquênios**. En: UNESP 2. Plantas medicinais aromáticas e condimentares: avanços na pesquisa agrônômica. São Paulo. p.1-18

SILVEIRA, D.; WAGNER, H.; CHIARI, E.; LOMBARDI, J. A.; ASSUNÇÃO, A. C.; OLIVEIRA, A. B.; RASLAN, D. S. 2005. Biological activity of the aqueous extract of *Lychnophora pinaster* Mart. **Revista Brasileira de Farmacognosia** 15: p. 294-297.

SILVEIRA, F.A.O. et al. 2015. Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. **Plant Soil** 403:129-152.

SOUZA, G. M.; LÜTTGE, U. 2015. **Stability as a Phenomenon Emergent from Plasticity–Complexity–Diversity in Eco-physiology**; in LÜTTGE, U.; BEYSCHLAG, W. (eds.), **Progress in Botany**, Progress in Botany 76, Springer Intern Publis Switz. p. 211-239.

SOUZA, A.V. **Propagação “in vitro” e aspectos anatômicos de arnica (*Lychnophora pinaster*) Mart. 2003**. 127p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SMITH, S.E. **Transport at the mycorrhizal interface**. **Mycorrhiza News**, v.5, n.1, p.1-4, 1993.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2 ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 631p.

TAIZ and Lincoln. 2017. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora.

TALEB-CONTINI SH, Santos WF, Mortari MR, Lopes NP, Lopes JLC 2008. Neuropharmacological effects in mice of *Lychnophora* species (Vernonieae, Asteraceae) and anticonvulsant activity of 4,5-di-O-[E]-caffeoylquinic acid isolated from the stem of *L. rupestris* and *L. staavioides*. **Basic Clin Pharmacol Toxicol** 102: 281.

TAKEARA R, Albuquerque S, Lopes NP, Lopes JLC 2003. Trypanocidal activity of *Lychnophora staavioides* Mart. (Vernonieae, Asteraceae). **Phytomedicine** 10: 490-493.

TRAPP, S. C.; CROTEAU, R. D.; 2001. Genomic organization of plant terpene synthases and molecular evolutionary implications. **Genetics Society of America** 158: p. 811-832.

THIERS, B. 2020, continuously updated. **Index Herbarium**. Available at: <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>. Date of access 11 of June 2020.

VIANA, P.L. & LOMBARDI, J.A. 2007. Florística e caracterização dos campos rupestres sobre canga na serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia** 58(1):159-177.

WIENS, J.J. GRAHAM, C.H., MOEN, D.S., SMITH, S.A. & REEDER, T.W. 2006. Evolutionary and Ecological Causes of the Latitudinal Diversity Gradient in Hylid Frogs: Treefrog Trees Unearth the Roots of High Tropical Diversity. **Americ Nat** 168: p.579-596.

XIA, J., SINELNIKOV, I., HAN, B. and WISHART DS. 2015. Metaboanalyst 3.0 – making metabolomics more meaningful. **Nucl Acids Res**:43. p. 251-257.