



**GUILHERME RAMOS DEMETRIO FERREIRA**

**INFLUÊNCIA DE FATORES EDÁFICOS NA  
ABUNDÂNCIA E DISTRIBUIÇÃO DO GÊNERO  
*Leiothrix* (Körn.) Ruhland EM CAMPOS  
RUPESTRES DA SERRA DO CIPÓ, MG, BRASIL**

**LAVRAS - MG**

**2013**

**GUILHERME RAMOS DEMETRIO FERREIRA**

**INFLUÊNCIA DE FATORES EDÁFICOS NA ABUNDÂNCIA E  
DISTRIBUIÇÃO DO GÊNERO *Leiothrix* (Körn.) Ruhland EM CAMPOS  
RUPESTRES DA SERRA DO CIPÓ, MG, BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração Ecologia e Conservação de Recursos Naturais em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Flávia de Freitas Coelho

**LAVRAS – MG**

**2013**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e  
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Ferreira, Guilherme Ramos Demetrio.

Influência de fatores edáficos na abundância e distribuição do gênero *Leiothrix* (Korn.) Ruhland em campos rupestres da Serra do Cipó, MG, Brasil / Guilherme Ramos Demetrio Ferreira. – Lavras : UFLA, 2014.

68 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Flávia de Freitas Coelho.

Bibliografia.

1. Filtro ambiental. 2. Estabelecimento. 3. Campos rupestres - Espécies vegetais. 4. Teoria neutra. 5. Teoria de nicho. 6. Interações bióticas. 7. Eriocaulaceae. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 574.5264

**GUILHERME RAMOS DEMETRIO FERREIRA**

**INFLUÊNCIA DE FATORES EDÁFICOS NA ABUNDÂNCIA E  
DISTRIBUIÇÃO DO GÊNERO *Leiothrix* (Körn.) Ruhland EM CAMPOS  
RUPESTRES DA SERRA DO CIPÓ, MG, BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração Ecologia e Conservação de Recursos Naturais em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 14 de novembro de 2013

Dr. Rubens Manoel dos Santos            UFLA

Dr. Lucas Del Bianco Faria            UFLA

Dra. Flávia de Freitas Coelho

Orientadora

**LAVRAS – MG**

**2013**

*Às extensões de campos prateados que gentilmente me receberam  
em seu seio para a execução deste trabalho,*

## DEDICO

### AGRADECIMENTOS

Não seria eu o autor deste documento se o primeiro agradecimento não fosse endereçado a Deus. Pela delicadeza com a qual providenciou as pressões seletivas que levaram ao desenvolvimento da linhagem das Eriocaulaceae, pela sabedoria de me fazer conhecê-las e pela constante iluminação, agradeço.

À minha família, em especial minha mãe Maria Tereza e meu pai Alexandre (*in memoriam*), por terem sido sempre fonte de amor, compreensão e fortaleza.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Setor de Ecologia, pela oportunidade concedida para realização deste mestrado e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa que financiou parte dos estudos.

À Prof<sup>a</sup> Dra. Flávia de Freitas Coelho, sempre disposta a me repassar seus melhores fundamentos de Ecologia e Filosofia, me orientando durante este caminho de aprofundamento na ciência, sendo matriz de conhecimento e logística, ao financiar a execução das viagens de campo.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, por todas as discussões que ajudaram a me engrandecer como profissional e todo o conhecimento repassado. Direciono um agradecimento especial aos Professores Dra. Carla Ribas e Dr. Lucas del Bianco Faria, pela amizade dividida também fora dos muros da universidade!

Aos amigos varginhenses, que foram alegria e relaxamento nos fins de semana e vivacidade sempre disponível!

Aos amigos da turma de mestrado, pelas valorosas discussões, por todos os questionamentos que me levaram a fazer e por todo o borogodó esbanjado

desde sempre. Um agradecimento especial ao curso de esperanto gratuito que me ofereceram!

Ao Ernesto Canedo de Oliveira Júnior que, mais que amigo e companheiro de mestrado, tornou-se um verdadeiro irmão nessa caminhada! Obrigado por todo o amor! As palavras são poucas pra expressar o que sinto!

Aos amigos do Laboratório de Ecologia Evolutiva de Plantas Herbáceas, pela companhia sempre agradável e pelo apoio dado sempre que necessário.

Agradeço ao Prof. Dr. Rubens Manoel dos Santos e ao Prof. Dr. Lucas Del Bianco Faria por aceitarem participar da minha banca de avaliação, proporcionando melhorias no trabalho e na minha formação como pesquisador.

Enfim, a todos aqueles que de qualquer maneira tenham contribuído com meu crescimento acadêmico, emocional e espiritual, agradeço!

## RESUMO

O estudo da distribuição e abundância das espécies é o cerne da Ecologia e, em última instância, caracteriza-se como a principal questão debatida pelos ecólogos. Durante o tempo, muitos foram os fatores citados como responsáveis por determinar a posição e a quantidade dos organismos no tempo e no espaço. No caso de plantas, vários trabalhos apontam desde fatores em escala regional, como clima, até fatores em escala local. No caso da escala local o solo pode ser considerado potencial modulador de distribuição e abundância, já que influenciará a capacidade de estabelecimento e persistência das espécies de uma comunidade. Segundo as teorias de Grime, essa influência pode tornar-se mais intensa em habitats estressantes, nos quais as pressões seletivas bióticas suplantam as pressões seletivas abióticas. A Serra do Cipó, localizada na região central do estado de Minas Gerais, é composta por um mosaico de vegetação e de solo, sendo dominada por campos rupestres. Nos campos rupestres a limitação nutricional e a disponibilidade sazonal de água podem ser consideradas condições estressantes para as plantas. Nesses ambientes, Eriocaulaceae é uma família altamente diversificada e representa grande parte da flora. Dentro da família Eriocaulaceae, *Leiothrix* (Körn.) Ruhland tem seu centro de diversidade localizado na Serra do Cipó, contando com mais de 60 espécies na região. O objetivo deste trabalho foi investigar a relação entre as características do solo e a distribuição e a abundância de quatro espécies do gênero. As análises mostraram que, apesar de provavelmente haver uma sutil preferência no que diz respeito às características de solo, as espécies não se distribuíram exclusivamente em função disso. Provavelmente a limitação de dispersão também tem papel central na distribuição do gênero. No caso da abundância, as respostas foram espécie-específicas e apenas *L. mucronata* mostrou-se influenciada por características do solo. Esses resultados indicam que provavelmente o solo faz parte de um sistema mais complexo que gera os padrões de distribuição e abundância dessas plantas e outras características como possíveis competidores e polinizadores também devem ser determinantes para a colonização de novos habitats e manutenção do número de indivíduos das populações.

**Palavras-chave:** Filtro ambiental. Estabelecimento. Teoria neutra. Teoria de nicho. Interações bióticas.

## ABSTRACT

Ecology is broadly defined as the study of species distribution and abundance, what is characterized as the main question in ecological discussion. Many factors have been cited as main drivers of the determination organisms' position and quantity in space and time. In the case of plants many works point out the importance of regional scale factors, while others expose local factors rule. In local scale, soil may be considered as a potential driver of distribution and abundance, since it will influence establish abilities and species persistence on a community. According to Grime, this influence may be even more intense in stressing habitats, where the abiotic selective pressures are, apparently, more important than biotic selective pressures. The Cipó Mountain Range is located in the central region of Minas Gerais state and is composed by a mosaic of soils and phytophysiognomies, mainly covered by rupestrian grasslands. In rupestrian grasslands the nutritional limitation and the seasonal availability of water may be considered as stressing conditions. In these environments Eriocaulaceae is a highly diverse family and rises as an important component of the flora. *Leiothrix*(Körn.) Ruhland has its diversity center located in Cipó Mountain Range, counting with more than 60 species in the region. The objective of this work was to verify the relationship among soil characteristics and the distribution and abundance of four species of *Leiothrix*. Our data showed that besides the probable soil preference, species were not distributed only in relation to soil characteristics. Dispersal limitation also plays a central role in the genus distribution. In the case of abundance, the responses were species-specific and only *L. mucronata* answered to soil characteristics. These results indicates that the soil are probably a part of a more complex system that generate the patterns of distribution and abundance of these plants and other characteristics as competitors and pollinators may also be taken into account when studying the colonization of new habitats and the maintenance of the number of individuals in the populations.

**Keywords:** Environmental filter. Establishment. Neutral theory. Niche theory. Biotic interactions.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPITULO 1

- Figura 1 Gráficos das análises discriminantes em nível genérico. O grupo vermelho representa as amostras de solo com ausência de indivíduos do gênero *Leiosthix*. O grupo verde claro, com símbolos de x, representa amostras de solo contendo indivíduos da espécie *L. mucronata*. O grupo amarelo, com símbolos de cruz, representa amostras de solo contendo indivíduos da espécie *L. spiralis*. O grupo azul, com símbolos de triângulos invertidos, representa amostras de solo contendo indivíduos da espécie *L. crassifolia*. O grupo verde, com símbolos de triângulos, representa amostras de solo contendo indivíduos da espécie *L. vivipara*. A) Grupo de variáveis preditoras 1. B) Grupo de variáveis preditoras 2. C) Grupo de variáveis preditoras 3. D) Grupo de variáveis preditoras 4..... 34
- Figura 2 Gráfico das análises discriminantes para *L. mucronata*. O grupo vermelho representa as amostras de solo com ausência de indivíduos da espécie. Os outros três grupos representam pontos em diferentes áreas de coleta contendo indivíduos da espécie. A) Grupo de variáveis preditoras 1. B) Grupo de variáveis preditoras 2. C) Grupo de variáveis preditoras 3. D) Grupo de variáveis preditoras 4..... 37
- Figura 3 Gráficos das análises discriminantes para *L. spiralis*. O grupo vermelho representa as amostras de solo com ausência de indivíduos da espécie. Os outros três grupos representam pontos em diferentes áreas de coleta contendo indivíduos da espécie. A) Grupo de variáveis preditoras 1. B) Grupo de variáveis preditoras 2. C) Grupo de variáveis preditoras 3. D) Grupo de variáveis preditoras 4..... 40
- Figura 4 Gráficos das análises discriminantes para *L. crassifolia*. O grupo vermelho representa as amostras de solo com ausência de indivíduos da espécie. Os outros três grupos representam pontos em diferentes áreas de coleta contendo indivíduos da espécie. A) Grupo de variáveis preditoras 1. B) Grupo de variáveis preditoras 2. C) Grupo de variáveis preditoras 3. D) Grupo de variáveis preditoras 4..... 42

## LISTA DE TABELAS

### CAPITULO 1

Tabela 1	Grupos de variáveis utilizados para execução das análises.....	27
Tabela 2	Valores das regras de classificação para as análises discriminantes em nível genérico e específico. No caso das avaliações a nível genérico, o grupo A representa as amostras com ausência de plantas, P1 são amostras contendo <i>L. mucronata</i> , P2 são amostras contendo <i>L. spiralis</i> , P3 são amostras contendo <i>L. crassifolia</i> e P4 são amostras contendo <i>L. vivipara</i> . No caso das análises em nível de espécie, o grupo A representa as amostras com ausência de plantas, e P1, p2 e P3 representam as repetições contendo plantas.....	29

### CAPITULO 2

Tabela 1	Resultados do GLM para a relação entre abundância de rametes de <i>L. spiralis</i> e macronutrientes. Valores significativos de p foram marcados com *.....	60
Tabela 2	Resultados do GLM para a relação entre abundância de rametes de <i>L. spiralis</i> e características físico-químicas do solo. Valores significativos de p foram marcados com *.....	60

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>17</b>
	<b>CAPÍTULO 1 INFLUÊNCIA DE CARACTERÍSTICAS DO SOLO NA DISTRIBUIÇÃO DE QUATRO ESPÉCIES DO GÊNERO LEIOTHRIX (ERIOCAULACEAE) EM CAMPOS RUPESTRES DA SERRA DO CIPÓ, MG.....</b>	<b>19</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>22</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
<b>2.1</b>	<b>Área de estudo.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2</b>	<b>Espécies de estudo.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3</b>	<b>Amostragem dos solos.....</b>	<b>26</b>
<b>2.4</b>	<b>Análise de dados.....</b>	<b>27</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>46</b>
	<b>CAPÍTULO 2 CARACTERÍSTICAS LOCAIS DE SOLO SÃO IMPORTANTES PARA DETERMINAÇÃO DA ABUNDÂNCIA DE ESPÉCIES DO GÊNERO LEIOTHRIX(ERIOCAULACEAE)?.....</b>	<b>49</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>52</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>55</b>
<b>2.1</b>	<b>Área de estudo.....</b>	<b>55</b>
<b>2.2</b>	<b>Espécies de estudo.....</b>	<b>56</b>
<b>2.3</b>	<b>Amostragem dos solos.....</b>	<b>57</b>
<b>2.4</b>	<b>Análise de dados.....</b>	<b>58</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>59</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>61</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>64</b>



## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A Ecologia, em seu sentido mais amplo, pode ser definida como o estudo da distribuição e da abundância dos organismos e das interações que geram esses padrões. Muitos fatores como clima, disponibilidade de alimento, número de competidores e predadores e mesmo capacidade de dispersão e estabelecimento da própria espécie têm sido citados como importantes para a organização desses padrões, variando de escalas locais a globais.

No caso das plantas a discussão ainda se encontra aberta e acalorada. Dada sua incapacidade de movimentação, a não ser via diásporos, muitos autores argumentam que os aspectos locais são de suma importância para a distribuição das espécies vegetais. Essa incapacidade de movimento, após a formação do indivíduo, condenaria a planta a viver sempre sobre a mesma zona de depleção de recursos da raiz, com possibilidades de forrageamento mais limitadas, quando comparadas aos animais que têm mobilidade.

Provavelmente essa limitação local seria ainda mais forte em solos pobres em nutrientes nos quais a especiação poderia levar a mecanismos específicos para exploração de recursos limitados. Além disso, uma composição em mosaico facilitaria essa limitação local, já que determinadas espécies estariam ligadas a determinadas manchas. Esse é exatamente o panorama da Serra do Cipó, onde os solos distróficos são distribuídos em mosaicos ligados à profundidade da rocha matriz, presença de cobertura vegetal e tipografia.

É neste ambiente onde se encontra a maior diversidade do gênero *Leiothrix* (Körn.) Ruhland (Eriocaulaceae). Apesar de colonizar quase toda a América do Sul o gênero possui seu centro de diversidade nas montanhas da cadeia do Espinhaço, concentrando-se principalmente na serra do Cipó. Essa grande coexistência de espécies tão proximamente aparentadas leva a crer que

provavelmente há uma separação sutil no uso do ambiente. Este estudo busca compreender como o solo pode estar ligado a esse processo.

Esta dissertação de mestrado está organizada em dois capítulos e cada capítulo visa ser um artigo que será enviado para publicação em revistas científicas especializadas da área. O primeiro capítulo trata da distribuição de quatro espécies do gênero em relação às características do solo. Buscou-se verificar se cada espécie estaria ligada a uma composição específica de variáveis físicas e químicas. O segundo capítulo visa compreender se as composições locais do solo influenciam o número de indivíduos estabelecidos e o que essa influência, se existente, pode significar para a dinâmica das populações dessas espécies.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A relação dos organismos com seus habitats tem sido uma questão recorrente em ecologia e ocupa papel importante nas principais teorias ecológicas (MacArthur e Wilson, 1967; Southwood, 1977). No caso das plantas essa relação pode ser bastante pronunciada, já que o habitat pode afetar estratégias de história de vida (Grime, 1977; Coelho et al., 2006) e padrões de alocação de recursos (Stearns, 1992). Em ambientes pobres em nutrientes esses efeitos podem se tornar ainda mais conspícuos, já que maior parte da energia da planta será destinada a contornar o stress causado pela limitação nutricional (Grime, 1977).

O solo dos campos rupestres brasileiros pode ser usado como um modelo interessante para compreender esta relação. São solos rasos, pobres em nutrientes e com altos índices de erosão (Benites et al., 2003). Além disso, estão altamente associados à rocha matriz, o quartzito, que não oferece quantidades satisfatórias de nutrientes, como para a geração de solos férteis, estando ligada a solos naturalmente empobrecidos (Benites et al., 2007). A fertilidade do solo pode condicionar o desenvolvimento de estratégias de sobrevivência envolvendo adaptações fisiológicas e morfológicas (Benites et al., 2007), neste caso a seleção de habitat pode emergir como uma solução evolutiva nas espécies que habitam ambientes com baixa disponibilidade de nutrientes.

Dessa maneira, o solo pode ser um dos fatores mais importantes no estabelecimento e na abundância das espécies de plantas, funcionando como filtro de habitat. Isso ocorre devido à falta de mobilidade das plantas em sua etapa vegetativa do ciclo de vida, que faz com que a semente ou propágulo vegetativo estejam fadados a se desenvolver em um local determinado, sem chance imediata de movimentação, o que torna muito provável a limitação em escala local (Eriksson e Ehrlén, 1992; Ehrlén e Eriksson, 2000). Para plantas do

gênero *Leiothrix* (Eriocaulaceae) o solo parece ter papel determinante no estabelecimento dos propágulos, sendo que sementes de *L. crassifolia* são ligadas a solos mais arenosos, nos quais a penetração das delicadas raízes é mais fácil (Coelho et al., 2008).

No caso das plantas a seleção de habitat se dará, *a priori*, através da soma das características físicas e biológicas do ambiente, que determinarão quais espécies dentre aquelas que se dispersaram até lá, efetivamente se estabelecerão e persistirão. Em última instância, as plantas bem sucedidas neste processo participarão da ‘escolha’ através da seleção natural, que moldará as plantas a fim de maximizarem seu fitness no habitat selecionado (Bazzaz, 1991). Isso porque durante o processo de seleção natural as plantas que estiverem mais adaptadas àquele habitat terão maior sucesso reprodutivo, deixando mais descendentes e colonizando o habitat em maior quantidade de manchas .

Nesse cenário, examinar a relação planta-ambiente pode ser uma ferramenta útil para a compreensão dos mecanismos que estão por trás da distribuição de espécies de planta (Geng et al., 2012). Espécies com distribuições restritas possivelmente são mais adaptadas a habitats locais e provavelmente são mais sensíveis a mudanças ambientais do que espécies amplamente distribuídas (Thuiller et al., 2005; Broenniman et al., 2006; Devictor et al., 2008).

As plantas clonais, no entanto, levam vantagem sobre as plantas que se reproduzem apenas de maneira sexuada. Através da formação de rametes elas são capazes de identificar melhores manchas de habitat adjacentes e estabelecer novos indivíduos em locais com maior qualidade (de Kroons e Hutchings, 1995). Os rametes, conectados por fragmentos denominados “spacers”, ainda contarão com uma rede de integração fisiológica, que permitirá a troca de fotossintatos, água e nutrientes do solo (Zhang et al., 2012).

Dessa forma ao encontrar uma mancha de habitat adequada as plantas provavelmente estabelecem maior número de indivíduos. A partir dessas informações foi hipotetizado que a abundância e distribuição de indivíduos de espécies do gênero *Leiothrix* está ligada à composição do solo no qual cada população se estabelece e que a abundância de cada espécie será influenciada por diferentes características do solo.



## REFERÊNCIAS

- BAZZAZ, F. A. Habitat selection in plants. **American Naturalist**, Chicago, v.137, S116-S130, June, 1991.
- BENITES, V.M. et al. Solos e vegetação nos complexos rupestres de altitude da Mantiqueira e do Espinhaço. **Floresta e Ambiente**, Seropedica, v. 10, n.1, p.76-85, 2003
- BENITES, V.M. et al. Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n.4, p. 569-577, dez.2007.
- BROENNIMAN, O. et al. Do geographic distribution, niche property and life form explain plant's vulnerability to global change? **Global change biology**, Malden, v.12, n.6, p.1079-1093, June 2006.
- COELHO, F.F. et al. Seasonal timing of pseudoviviparous reproduction of *Leiothrix* (Eriocaulaceae) rupestrian species in Southeastern Brazil. **Annals of Botany**, London, v. 98, n.6, p.1189-1195, Dec. 2006.
- COELHO, F.F. et al. Reproductive modes in *Leiothrix* (Eriocaulaceae) in Southeastern Brazil: The role of microenvironmental heterogeneity. **Annals of Botany**, London, v. 101, n. 3, p. 353-360, Feb. 2008.
- KROONS, H.; HUTCHINGS, M. J. Morphological Plasticity in Clonal Plants: The Foraging Concept Reconsidered. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 83, n.1, p.143-152, Feb. 1995.
- DEVICTOR, V.; JULLIARD, R.; JIGUET, F. Distribution of specialist and generalist species along spatial gradients of habitat disturbance and fragmentation. **Oikos**, Hoboken, v.117, n.4, p.507-514, Apr. 2008.
- EHRLÉN, J., ERIKSSON, O. Dispersal limitation and patch occupancy in forest herbs. **Ecology**, Washington, v. 81, n. 6, p.1667-1674, June 2000.
- ERIKSSON, O.; EHRLÉN, J. Seed and microsite limitation of recruitment in plant populations. **Oecologia**, New York, v.91, n. 3, p.360-364, Sept. 1992
- GENG, Y. et al. Effect of geographical range size on plant functional traits and the relationships between plants, soil, and climate in Chinese grasslands. **Global Ecology and Biogeography**, Xining, v. 21, n. 4, p. 16-427, Apr. 2012.

GRIME, J. P. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. **American Naturalist**, Chicago, v. 111, n.982, p. 1169-1194, 1977.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The Theory of island biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 1967. 203 p.

SOUTHWOOD, T. R. E. Habitat, the template for ecological strategies? **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 46, n.2, p. 337-65, 1977.

STEARNS, S. C. **The evolution of life histories**. Oxford: Oxford University Press, 1992.

THUILLER, W.; LAVOREL, S.; ARAÚJO, M.B. Niche properties and geographical extent as predictors of species sensitivity to climate change. **Global Ecology and Biogeography**, Montpellier, v. 14, n. 4, p. 347–357, July 2005.

ZHANG, Y.; ZHANG, Q.; SAMMUL M. Physiological Integration Ameliorates Negative Effects of Drought Stress in the Clonal Herb *Fragaria orientalis*. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 7, n.9, 2012. e44221. doi:10.1371/journal.pone.0044221.

**CAPÍTULO 1**

**INFLUÊNCIA DE CARACTERÍSTICAS DO SOLO NA DISTRIBUIÇÃO  
DE QUATRO ESPÉCIES DO GÊNERO *LEIOTHRIX*  
(ERIOCAULACEAE) EM CAMPOS RUPESTRES DA SERRA DO CIPÓ,  
MG.**



## RESUMO

A fertilidade do solo pode condicionar o desenvolvimento de estratégias de sobrevivência envolvendo adaptações fisiológicas e morfológicas, neste caso a seleção de habitat pode emergir como uma solução evolutiva nas espécies que habitam ambientes com baixa disponibilidade de nutrientes. Dada a imobilidade do organismo vegetal durante a fase não reprodutiva, o solo no qual uma planta se encontra tem uma função crucial como componente determinante para seu estabelecimento. No caso das plantas a seleção de habitat se dará, a priori, através de uma soma das características físicas e biológicas do ambiente, que determinarão quais espécies, dentre aquelas que se dispersaram até lá, efetivamente se estabelecerão e persistirão. Espécies com distribuições restritas possivelmente são mais adaptadas a habitats locais e provavelmente são mais sensíveis a mudanças ambientais do que espécies amplamente distribuídas. O objetivo deste trabalho foi compreender como as características do solo podem estar ligadas à distribuição de quatro espécies do gênero *Leiothrix* (Körn.) Ruhland. As coletas foram feitas na Serra do Cipó, MG, Brasil. Nós coletamos 40 amostras de solo em parcelas monoespecíficas de quatro espécies do gênero, levando em conta tanto pontos com presença quanto pontos com ausência das espécies. Após a obtenção das características do solo em laboratório foram realizadas análises discriminantes utilizando as espécies e o grupo de amostras com ausência de *Leiothrix* como grupos a priori e as características de solo como variáveis preditoras dos grupos. As análises mostraram que as espécies demonstram sutis preferências de solo, mas que os pontos de amostras sem plantas não necessariamente se separam dos grupos contendo plantas. Isso pode significar que a dispersão também tem papel limitante na distribuição e muitos pontos nos quais a ocorrência é possível estão vazios porque as espécies ainda não foram capazes de colonizá-los.

**Palavras-chave:** Dispersão. Filtro ambiental. Eriocaulaceae. Espécies restritas.



## ABSTRACT

Soil fertility may conditionate plants development and survival strategies involving morphologic and physiologic adaptations. In this case, habitat selection may arise as an evolutive solution in species that inhabits nutritional poor environments. Given the lack of mobility of plants during their non-reproductive phases the soil may acts as a driver for plants establishment. In the case of plants habitat selection will occur *a priori* as a sum of environmental physic and biologic characteristics, which will determinate which species, among those who reached that habitat via dispersion, will establish and persist. Species with restrict distribution are more adapted to local environments, and probably more sensitive to environmental changes than widely distributed species. The objective of this work was to understand how the soil characteristics may be linked to four *Leiothrix*(Körn.) Ruhland species. The field work was conducted on Serra do Cipó mountain range, MG, Brasil. We collected soil samples in monospecific areas, accounting for points with presence and absence of plants. After sampling we obtained soil characteristics and performed discriminant analysis using the species and the group of samples without plants as *a priori* groups. The analyses showed that the species present a kind of habitat preference, but the soil samples without plants are not different from soil samples containing plants. This may indicate that dispersal limitation is a main driver for distribution of these species.

**Keywords:** Dispersion. Environmental filter. Eriocaulaceae. Restricted species.

## 1 INTRODUÇÃO

A relação dos organismos com seus habitats tem sido uma questão recorrente em ecologia e ocupa papel importante nas principais teorias ecológicas (MacArthur e Wilson, 1967; Southwood, 1977). No caso das plantas essa relação pode ser bastante pronunciada, já que o habitat pode afetar estratégias de história de vida (Grime, 1977; Coelho et al., 2006) e padrões de alocação de recursos (Stearns, 1992). Em ambientes pobres em nutrientes esses efeitos podem se tornar ainda mais conspícuos, já que maior parte da energia da planta será destinada a contornar o stress causado pela limitação nutricional (Grime, 1977).

Dada a imobilidade do organismo vegetal durante a fase não reprodutiva, o solo no qual uma planta se encontra tem uma função crucial como componente determinante para seu estabelecimento (Witkamp, 1971). Isso ocorre porque, além da água, as plantas precisam de cerca de 30 elementos químicos diferentes para seu crescimento (Ågren, 2008), que serão obtidos principalmente do solo. O solo dos campos rupestres brasileiros pode ser usado como um modelo interessante para compreender esta relação. São solos rasos, pobres em nutrientes e com altos índices de erosão (Benites et al., 2003). Além disso, estão altamente associados à rocha matriz, o quartzito, que não oferece quantidades satisfatórias de nutrientes, como para a geração de solos férteis, estando ligada a solos naturalmente empobrecidos (Benites et al., 2007). A fertilidade do solo pode condicionar o desenvolvimento de estratégias de sobrevivência envolvendo adaptações fisiológicas e morfológicas (Benites et al., 2007), neste caso a seleção de habitat pode emergir como uma solução evolutiva nas espécies que habitam ambientes com baixa disponibilidade de nutrientes.

No caso das plantas a seleção de habitat se dará, *a priori*, através da soma das características físicas e biológicas do ambiente, que determinarão

quais espécies dentre aquelas que se dispersaram até lá, efetivamente se estabelecerão e persistirão. Em última instância, as plantas bem sucedidas neste processo participarão da ‘escolha’ através da seleção natural, que moldará as plantas a fim de maximizarem seu fitness no habitat selecionado (Bazzaz, 1991). Isso porque durante o processo de seleção natural as plantas que estiverem mais adaptadas àquele habitat terão maior sucesso reprodutivo, deixando mais descendentes e colonizando o habitat em maior quantidade de manchas. Nesse cenário, examinar a relação planta-ambiente pode ser uma ferramenta útil para a compreensão dos mecanismos que estão por trás da distribuição de espécies de planta (Geng et al., 2012). Espécies com distribuições restritas possivelmente são mais adaptadas a habitats locais e provavelmente são mais sensíveis a mudanças ambientais do que espécies amplamente distribuídas (Thuiller et al., 2005; Broenniman et al., 2006; Devictor et al., 2008).

O objetivo deste estudo foi verificar a relação entre plantas do gênero *Leiothrix* com características do solo de seus microhabitats e avaliar se há seleção de habitat edáfico nestas plantas. Por essa razão, foi hipotetizado que cada espécie será ligada a uma condição específica de composição de solo, apresentando diferenciação nas características apresentadas para sua ocorrência.



## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

A cadeia de montanhas do espinhaço, onde se encontra a serra do Cipó, está localizada nos estados de Minas Gerais e Bahia. Tem cerca de 1100km de comprimento e orienta-se na direção norte-sul ( $10^{\circ}$  -  $20^{\circ}35'S$ ), com largura aproximada de 50-100km e elevações acima de 800m, atingindo quase 2000m em alguns pontos. Essa cadeia de montanhas tem um substrato composto principalmente de formações quartzíticas e areníticas, com solos ácidos e oligotróficos que são usualmente rasos e arenosos. A Serra do Cipó é a porção mais ao sul da cadeia do espinhaço (Ribeiro e Fernandes, 2000), tem litologia predominantemente quartzítica (Rizini, 1979) e se encontra protegida em parte pelo Parque Nacional da Serra do Cipó. A região tem de 3 – 4 meses de estação seca no inverno e uma média anual de temperatura entre 17,4 e 19,8°C. A vegetação é composta por Cerrado e Matas de Galeria, mas é amplamente dominada pelos Campos Rupestres (Benites et al., 2003). Pelo isolamento de suas montanhas e suas condições ambientais especiais (como altitude elevada, solo pobre em nutrientes e estações de seca e chuva bem demarcadas), a cadeia do Espinhaço tem uma composição florística distinta e seus campos rupestres podem representar um dos maiores níveis de espécies endêmicas da flora brasileira (Giulietti et al., 1988). Eriocaulaceae, Velloziaceae e Xyridaceae estão entre os táxons vegetais mais encontrados na região.

Os solos dos complexos rupestres de altitude no Parque Nacional da Serra do Cipó apresentam elevados índices de erosão devido às grandes altitudes e ao relevo movimentado (Benites et al., 2003). São estabelecidos sobre quartzitos e apresentam baixos níveis nutricionais, sendo considerados distróficos (Benites et al., 2007). Em geral a quantidade de macronutrientes é

baixa e a toxidez por alumínio é alta (Negreiros et al., 2008). Essa baixa fertilidade dos solos provavelmente condicionou adaptações nas estratégias de história de vida das plantas, envolvendo, provavelmente, adaptações morfológicas e fisiológicas (Benites et al., 2003; Coelho et al., 2006; Coelho et al., 2008).

## 2.2 Espécies de estudo

O gênero *Leiothrix* circunscreve cerca de 68 espécies (Giulietti et al., 2013) e é endêmico da América do Sul (Giulietti e Hensold, 1990). No Brasil, distribui-se em todos os estados (Giulietti et al., 2013), mas seu centro de endemismo provavelmente localiza-se nas serras da cadeia do espinhaço, principalmente na região da Serra do Cipó (Giulietti, 1978; Giulietti e Hensold, 1990). Foram amostrados solos sobre os quais se estabeleciam rametes de *L. crassifolia*, *L. mucronata*, *L. spiralis* e *L. vivipara*.

As duas primeiras espécies são classificadas como rizomatosas produtoras de sementes, preferem ambientes com menor cobertura vegetal, nos quais as sementes podem encontrar maior disponibilidade de locais para germinação, e de textura mais arenosa, que facilita a emissão e crescimento dos rizomas. *Leiothrix spiralis* é classificada como pseudovivípara enraizada, também ocorre em locais com menor cobertura vegetal, já que os rametes só se tornam enraizados após o contato com o solo (Coelho et al., 2006). *Leiothrix vivipara* é a única espécie capaz de colonizar ambientes com maior cobertura vegetal entre as espécies analisadas neste trabalho. Isso ocorre devido a seu modo reprodutivo, chamado pseudovivípara formadora de copa, no qual os rametes permanecem suspensos, se tornando uma eficiente estrutura fotossintética, que permite à roseta-mãe alcançar a luz solar, via translocação de fotossintatos, mesmo estando inserida na vegetação (Coelho et al., 2008).

### 2.3 Amostragem dos solos

A coleta de amostras de solo foi realizada em março de 2013, no final da estação chuvosa. Com o propósito de compreender o efeito das características do solo na distribuição de *L. spiralis*, *L. crassifolia*, *L. mucronata* e *L. vivípara*, foram estabelecidas parcelas de 10 m<sup>2</sup> em áreas de campo rupestre na Serra do Cipó. Cada uma dessas parcelas foi dividida em 100 sub-parcelas de 1 m<sup>2</sup>.

Para cada parcela amostrou-se solo em seis sub-parcelas contendo plantas e em seis sub-parcelas onde não foram encontrados indivíduos do gênero *Leiothrix*. Esse procedimento foi feito para reduzir os efeitos da dispersão, já que 10 m<sup>2</sup> não representariam uma restrição à colonização. Esse procedimento foi realizado em três parcelas para *L. spiralis*, *L. crassifolia* e *L. mucronata*, totalizando 18 amostras de solo contendo plantas e 18 amostras de solo sem plantas para cada espécie. Para *L. vivípara* duas parcelas foram marcadas, totalizando 12 amostras de solo contendo plantas e 12 amostras de solo sem plantas. Cada parcela era monoespecífica com relação à espécie amostrada. Em nenhuma das amostras de solo deste trabalho ocorreu coexistência entre as espécies de estudo ou entre uma das espécies de estudo e qualquer outra do gênero *Leiothrix*.

As amostras de solo foram coletadas, acondicionadas em sacos plásticos e identificadas. Posteriormente as amostras de solos foram levadas para o departamento de solos da Universidade Federal de Lavras, onde as seguintes variáveis químicas e físicas foram medidas: pH (medido em água, KCl e CaCl<sub>2</sub> com relação de 1:2,5), Cálcio, Magnésio, Alumínio (Ca, Mg e Al, respectivamente – extraídos em KCl a 1 mol/L), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica a pH 7 (T), índice de saturação de alumínio (m), Fósforo remanescente (P-rem), Enxofre (S, extraído com Fosfato monocálcico em ácido acético), Fósforo, Sódio, Potássio, Ferro, Zinco, Manganês, Cobre (P,

Na, K, Fe, Zn, Mn e Cu, respectivamente, extraídos com Mehlich 1), soma de íons Hidrogênio e Alumínio (H + Al, extraído com SMP), capacidade de troca catiônica efetiva (t), índice de saturação de bases (V), matéria orgânica (MO, extraída via oxidação por  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  4N +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  10 N) e Boro (B, extraído com água quente), porcentagens de argila, silte, areia grossa e areia fina.

## 2.4 Análise de dados

Para verificar o efeito das variáveis de solo na distribuição das espécies do gênero *Leiothrix* realizaram-se análises discriminantes (Quinn e Keough, 2002) utilizando as amostras de solos com plantas e solos sem plantas como grupos *a priori* e as variáveis de solo como preditoras. Devido à grande quantidade de preditoras em relação ao número de amostras, as variáveis de solo foram divididas em quatro grandes grupos (Tabela 1). A variável textura foi obtida através da seguinte fórmula:  $(\text{Argila} + \text{Silte})/(\text{Areia grossa} + \text{areia fina})$  e pode ser interpretada como um indicador da capacidade de retenção de água (Coelho et al., 2008).

Tabela 1 Grupos de variáveis utilizados para execução das análises.

Grupo	Variáveis	Motivo de agrupamento
1	K, P, Ca, Mg, S	Macronutrientes
2	Zn, Fe, Mn, Cu, B	Micronutrientes
3	pH, Al, H+Al, SB, V, m	Variáveis ligadas à acidez
4	M.O., T, t, textura, P-rem	Variáveis ligadas à físico-química

Cada grupo de variáveis foi testado quanto à correlação entre seus componentes e apenas aquelas variáveis com baixos níveis de correlação foram

incluídas na análise discriminante, visto que variáveis correlacionadas podem gerar ‘ruído’ nos resultados (Quinn e Keough, 2002). As análises discriminantes foram feitas em nível de gênero, unindo todas as espécies, e para cada uma das espécies separadamente.

As análises de correlação foram realizadas no software R (R CORE TEAM, 2013) e as análises discriminantes foram realizadas no programa SYSTAT 9.0.



### 3 RESULTADOS

Tanto em nível de gênero quanto em nível específico, as características de solo não foram boas variáveis preditoras para separar as amostras de solo que continham plantas daquelas amostras de solo que não continham plantas. No entanto, as variáveis conseguiram classificar de maneira satisfatória grupos aninhados de amostras que, na maioria das vezes, corresponderam às espécies.

Quando o gênero foi analisado como um todo, a análise discriminante foi significativa, porém exibiu um baixo grau de separação dos grupos quando as variáveis do grupo 1 foram utilizadas como preditoras ( $F = 3,6016$ , g. l. = 16.379,  $p=0,001$ , Wilk's lambda = 0,6489, Fig. 1A).

Tabela 2 Valores das regras de classificação para as análises discriminantes em nível genérico e específico. No caso das avaliações a nível genérico, o grupo A representa as amostras com ausência de plantas, P1 são amostras contendo *L. mucronata*, P2 são amostras contendo *L. spiralis*, P3 são amostras contendo *L. crassifolia* e P4 são amostras contendo *L. vivipara*. No caso das análises em nível de espécie, o grupo A representa as amostras com ausência de plantas, e P1, P2 e P3 representam as repetições contendo plantas.

Categoria	Grupo de variáveis	Grupos	A	P1	P2	P3	P4	% correta
Gênero	1	A	1	15	10	26	14	2
		P1	5	9	1	0	3	50
		P2	2	3	4	5	4	22
		P3	0	0	3	14	1	78
		P4	0	0	0	2	10	83
		<b>Total</b>	8	27	18	47	32	29

2	A	12	13	1	17	23	18
	P1	1	10	1	5	1	56
	P2	1	2	0	3	12	0
	P3	5	1	2	6	4	33
	P4	1	0	0	0	11	92
	<b>Total</b>	20	26	4	31	51	30
3	A	5	14	10	20	17	8
	P1	1	13	1	3	0	72
	P2	1	2	11	0	4	61
	P3	0	0	1	10	7	56
	P4	1	0	0	4	7	58
	<b>Total</b>	8	29	23	37	35	35
4	A	6	18	12	12	18	9
	P1	0	12	3	3	0	67
	P2	4	2	3	3	6	17
	P3	0	0	6	2	10	11
	P4	0	0	0	4	8	67
	<b>Total</b>	10	32	24	24	42	23
<hr/>							
<i>L.mucronata</i>	1	A	8	3	3	4	44
		P1	0	6	0	0	100
		P2	1	0	5	0	83
		P3	1	0	0	5	83
		<b>Total</b>	10	9	8	9	67
	2	A	6	4	3	5	33

		P1	0	4	2	0	67
		P2	0	3	3	0	50
		P3	3	0	0	3	50
		<b>Total</b>	9	11	8	8	44
3		A	7	2	5	4	39
		P1	0	6	0	0	100
		P2	0	0	6	0	100
		P3	2	0	0	4	67
		<b>Total</b>	9	8	11	8	64
4		A	3	5	4	6	17
		P1	0	4	2	0	67
		P2	0	1	5	0	83
		P3	1	0	0	5	83
		<b>Total</b>	4	10	11	11	47
<hr/>							
<i>L. spiralis</i>	1	A	5	5	3	5	28
		P1	0	5	1	0	83
		P2	0	1	4	1	67
		P3	1	0	0	5	83
		<b>Total</b>	6	11	8	11	53
	2	A	7	3	4	4	39
		P1	2	4	0	0	67
		P2	1	1	3	1	50
		P3	1	1	2	2	33
		<b>Total</b>	11	9	9	7	44

“Tabela 2, conclusão”

	3	A	6	6	0	6	33
		P1	0	6	0	0	100
		P2	1	0	5	0	83
		P3	1	0	0	5	83
		<b>Total</b>	8	12	5	11	61
	4	A	5	6	3	4	28
		P1	1	5	0	0	83
		P2	0	0	6	0	100
		P3	1	0	0	5	83
		<b>Total</b>	7	11	9	9	58
<i>L. crassifolia</i>	3	A	5	3	5	5	28
		P1	0	5	1	0	83
		P2	2	0	4	0	67
		P3	1	0	0	5	83
		<b>Total</b>	8	8	10	10	53
	4	A	4	4	7	8	22
		P1	0	4		1	67
		P2	2	0		0	67
		P3	1	0		4	67
		<b>Total</b>	7	8		8	44

As correlações canônicas associadas às duas primeiras funções (0,448 e 0,324) corroboram esse resultado, mostrando baixo poder de separação dos grupos. A primeira função (Fator I) explicou 54% da variabilidade dos dados e separou solos contendo mais Ca e Mg. A segunda função (Fator II) explicou 24% da variabilidade dos dados e separou solos contendo maiores quantidades de P e S. A matriz Jackknifed, no entanto, mostrou que as regras de classificação para os grupos que representavam as espécies tiveram uma porcentagem de acerto relativamente alta com relação à regra de classificação do grupo que representou as amostras de solo sem plantas (Tabela 1).

No caso do grupo 2 de variáveis preditoras os resultados foram similares. A análise discriminante mostrou-se significativa, porém o grau de separação dos grupos foi bastante baixo ( $F = 2.066$ , g. l. = 16,379,  $p = 0.00092$ , Wilk's lambda = 0,7745, Fig. 1B). As correlações canônicas associadas às duas primeiras funções (0,383 e 0,226) corroboram esse resultado, mostrando baixo poder de separação dos grupos. A primeira função (Fator I) explicou 63% da variabilidade dos dados e separou solos contendo mais Fe e menores quantidades de B. A segunda função (Fator II) explicou 20% da variabilidade dos dados e separou solos contendo maiores quantidades de Mn e, novamente, pobres em B. Assim como as variáveis do grupo 1, as variáveis do grupo 2 geraram regras de classificação que tiveram maior porcentagem de acerto para grupos de solo contendo as diferentes espécies do gênero *Leiothrix*, com relação àquelas amostras que representaram solos sem plantas. A única exceção foi para o grupo P2 que teve nenhuma de suas amostras classificadas corretamente a partir desse grupo de variáveis (Tabela 1).

O grupo 3 de variáveis preditoras foi o grupo que apresentou maior separação entre os grupos propostos ( $F = 4,893$ , g. l. = 20,408,  $p = 0.0001$ , Wilk's lambda = 0,494, Fig. 1C). As correlações canônicas associadas às duas primeiras funções (0,566 e 0,479) corroboram esse resultado, mostrando baixo

poder de separação dos grupos. A primeira função (Fator I) explicou 57% da variabilidade dos dados e separou solos com maiores valores de fertilidade (SB) e maior V. A segunda função (Fator II) explicou 36% da variabilidade dos dados e separou solos mais ácidos (H+Al) e com menores valores de fertilidade (SB). Bem como os outros dois grupos anteriores às regras de classificação para os grupos de amostras contendo plantas foram mais eficientes que a regra de classificação criada para o grupo de amostras de solo com ausência de plantas (Tabela 1). As variáveis que mais influenciaram a separação nesse caso foram SB e V na função 1 e H + Al e SB na função 2.

O grupo 4 de variáveis preditoras seguiu o mesmo padrão encontrado anteriormente. A análise discriminante mostrou-se significativa, porém com baixo poder de separação dos grupos ( $F = 3,7626$ , g.l. = 12,331,  $p = 0.00001$ , Wilk's lambda = 0,7130, Fig. 1D). As correlações canônicas associadas às duas primeiras funções (0,508 e 0,191) corroboram esse resultado, mostrando baixo poder de separação dos grupos. A primeira função (Fator I) explicou 89% da variabilidade dos dados e separou solos com menores valores de P-rem, ou seja, com maior disponibilidade de fósforo para as plantas e maiores T. A segunda função (Fator II) explicou 10% da variabilidade dos dados e separou solos com textura mais arenosa e também menores valores de Prem. A matriz jackknifed evidenciou, novamente, o maior poder de acerto das regras de classificação criadas para os grupos de amostras de solo que continham as espécies em estudo com relação ao poder de acerto da regra de classificação criada para os grupos de solo que não continham plantas (Tabela 1). As variáveis que mais influenciaram a separação nesse caso foram P-rem e T na função 1 e textura do solo e T na função 2.

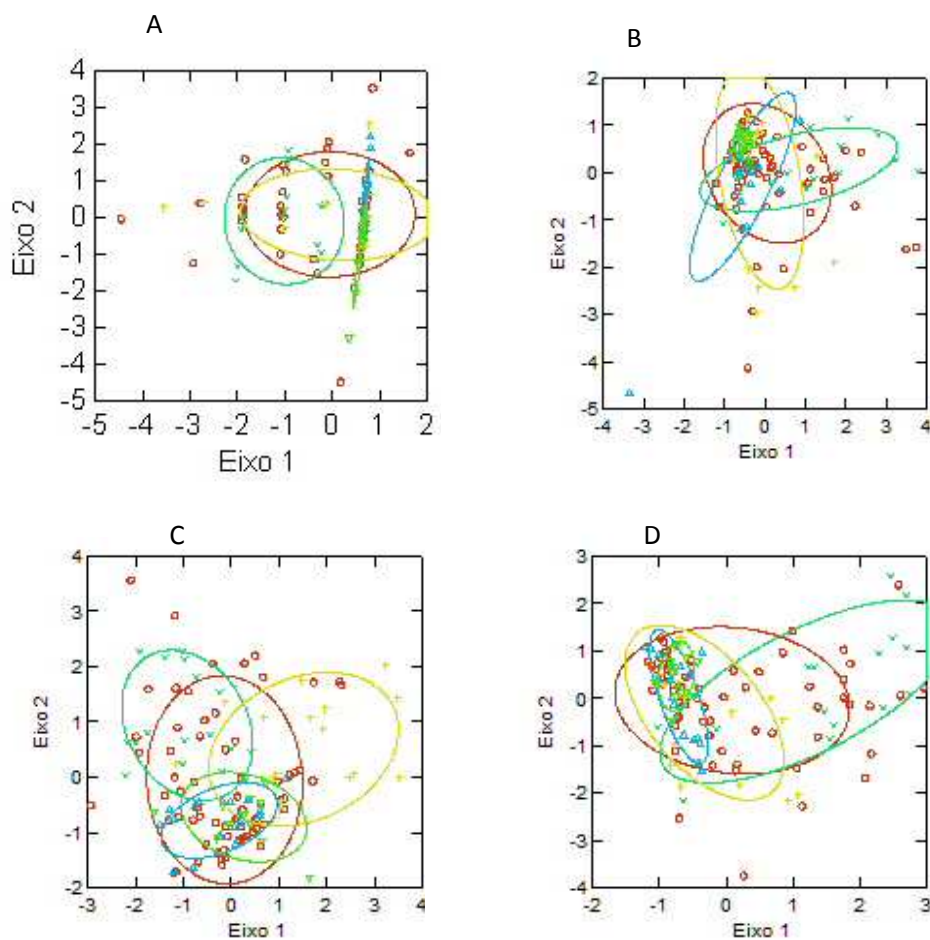


Figura 1 Gráficos das análises discriminantes em nível genérico. O grupo vermelho representa as amostras de solo com ausência de indivíduos do gênero *Leiothrix*. O grupo verde claro, com símbolos de x, representa amostras de solo contendo indivíduos da espécie *L. mucronata*. O grupo amarelo, com símbolos de cruz, representa amostras de solo contendo indivíduos da espécie *L. spiralis*. O grupo azul, com símbolos de triângulos invertidos, representa amostras de solo contendo indivíduos da espécie *L. crassifolia*. O grupo verde, com símbolos de triângulos, representa amostras de solo contendo indivíduos da espécie *L. vivipara*. A) Grupo de variáveis predictoras1. B) Grupo de variáveis predictoras2. C) Grupo de variáveis predictoras3. D) Grupo de variáveis predictoras 4.

A despeito do comportamento das amostras quando a análise foi feita em nível genérico, as análises em nível específico evidenciaram respostas variadas das plantas. Para *L. mucronata*, apesar da significância alcançada nas análises para todos os quatro grupos de variáveis preditoras, não ficou evidenciada uma separação dos grupos de amostras de solo que não continham plantas em relação àqueles grupos que continham indivíduos dessa espécie. O grupo 1 de variáveis preditoras resultou em uma análise discriminante significativa com um poder de separação dos grupos relativamente alto ( $F = 4,3315$ , g. l. = 12,77,  $p = 0.0001$ , Wilk's lambda = 0,2554, Fig. 2A). No entanto, não houve um agrupamento claro das amostras contendo plantas em relação às amostras que não continham plantas, o que mostra a baixa influência dessas variáveis na separação dos grupos propostos. As correlações canônicas associadas às duas primeiras funções (0,730 e 0,646) corroboram esse resultado, mostrando poder relativamente alto de separação dos grupos. A primeira função (Fator I) explicou 59% da variabilidade dos dados e separou solos com maiores teores de Mg e K. A segunda função (Fator II) explicou 36% da variabilidade dos dados e separou solos com maiores teores de S e menores teores de Mg. A matriz jackknifed mostra, bem como para as análises em nível genérico, um maior poder de acerto das regras de classificação para aquelas amostras contendo plantas do que para as amostras que não continham plantas (Tabela 1).

O grupo 2 de variáveis preditoras exibiu comportamento similar. A análise discriminante foi significativa e apresentou grau relativamente alto de separação dos grupos ( $F = 3,1752$ , g.l. = 12,77,  $p = 0,001$ , Wilk's lambda = 0,3452, Fig. 2B). As correlações canônicas associadas às duas primeiras funções (0,791 e 0,261) corroboram esse resultado, mostrando maior poder de separação dos grupos. A primeira função (Fator I) explicou 95% da variabilidade dos dados e separou solos com maiores teores de Mn e B. A segunda função (Fator

II) explicou 4% da variabilidade dos dados e separou solos com maiores teores de Fe e menores teores de Cu. O comportamento da porcentagem de acerto das regras de classificação, evidenciado pela matriz Jackknifed, se assemelhou àquele das regras de classificação do grupo 1, sendo que as regras de classificação criadas para definir os grupos de amostras de solo contendo plantas tiveram maior porcentagem de acerto do que a regra criada para definir o grupo com ausência de plantas (Tabela 1).

O grupo 3, bem como em nível genérico, foi o grupo de variáveis com maior poder de separação dos grupos. A análise discriminante foi significativa e com um alto poder de separação dos grupos ( $F = 4,4068$ , g. l. = 15,77,  $p = 0,00001$ , Wilk's lambda = 0,1897, Fig. 2C). As correlações canônicas associadas às duas primeiras funções (0,839 e 0,563) corroboram esse resultado, mostrando alto poder de separação dos grupos. A primeira função (Fator I) explicou 80% da variabilidade dos dados e separou solos com maiores teores de H+Al e V. A segunda função (Fator II) explicou 15% da variabilidade dos dados e separou solos com maiores teores de H+Al e baixas fertilidades. A matriz jackknifed, mais uma vez, mostrou maior poder de classificação das regras criadas para os grupos de amostras contendo plantas, em relação aos grupos de amostras de solo com ausência de indivíduos de *L. mucronata* (Tabela 1).

O grupo 4 de variáveis preditoras, por sua vez, apresentou comportamento similar aos grupos anteriores. A análise discriminante foi significativa, mas teve menor poder de separação dos grupos, se comparada às outras análises para *L. mucronata* ( $F = 2,318$ , g.l. = 9,73,  $p = 0,0235$ , Wilk's lambda = 0,5424, Fig. 2D). As correlações canônicas associadas às duas primeiras funções (0,623 e 0,236) corroboram esse resultado, mostrando maior poder de separação dos grupos. A primeira função (Fator I) explicou 90% da variabilidade dos dados. A segunda função (Fator II) explicou 9% da variabilidade dos dados. Para as duas funções t e textura foram os caracteres

determinantes para a separação dos grupos. Bem como nas análises anteriores a matriz jackknifed mostra um maior poder de acerto das regras de classificação criadas para definir os grupos de amostras contendo plantas com relação ao grupo de amostras que não continha plantas (Tabela 1).

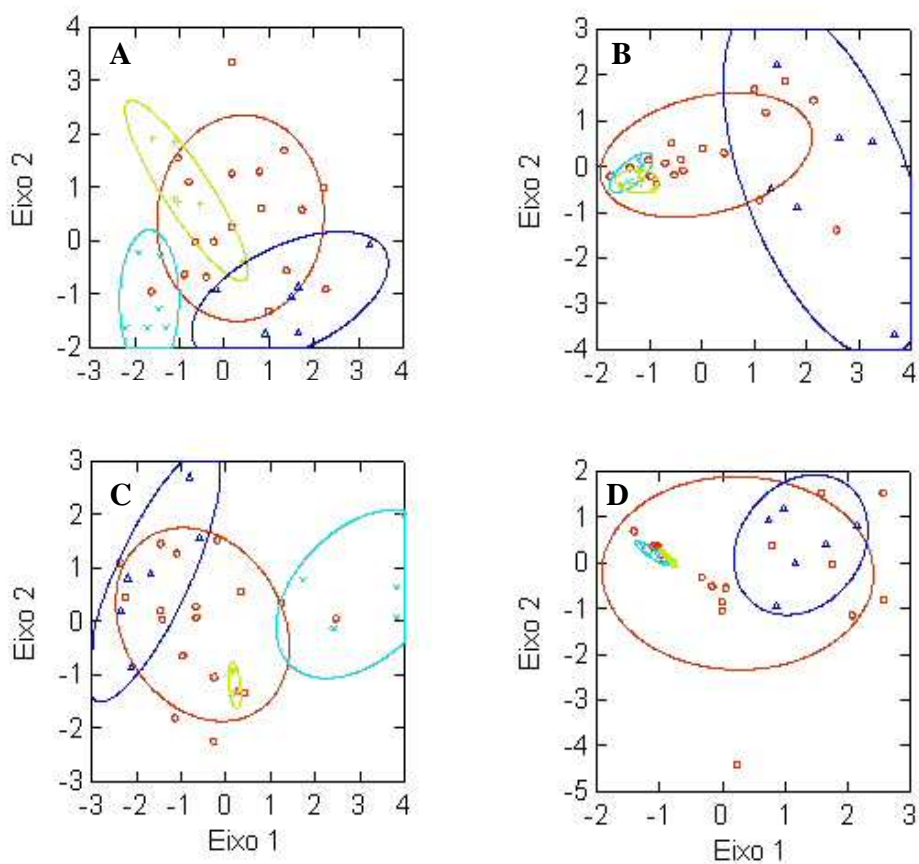


Figura 2 Gráfico das análises discriminantes para *L. mucronata*. O grupo vermelho representa as amostras de solo com ausência de indivíduos da espécie. Os outros três grupos representam pontos em diferentes áreas de coleta contendo indivíduos da espécie. A) Grupo de variáveis predictoras 1. B) Grupo de variáveis predictoras 2. C) Grupo de variáveis predictoras 3. D) Grupo de variáveis predictoras 4.

Para *L. spiralis* o comportamento das variáveis de solo na separação dos grupos de amostras com plantas e sem plantas foi similar à *L. mucronata*. O grupo 1 de variáveis preditoras gerou uma análise discriminante significativa e com poder relativamente alto de separação dos grupos ( $F = 3.3434$ , g. l. = 15,77,  $p = 0.0003$ , Wilk's lambda = 0,2504, Fig. 3A). As correlações canônicas associadas às duas primeiras funções (0,689 e 0,600) corroboram esse resultado, mostrando maior poder de separação dos grupos. A primeira função (Fator I) explicou 50% da variabilidade dos dados e separou solos com menores teores de K e Ca. A segunda função (Fator II) explicou 31% da variabilidade dos dados e separou solos com menores teores de S e menores teores de Mg. A matriz jackknifed mostrou um comportamento similar para as regras de classificação sendo que aquelas criadas para definir os grupos de solo contendo plantas tiveram maior porcentagem de acerto do que aquela criada para definir o grupo de plantas (Tabela 1).

Com relação às variáveis do grupo 2, a análise discriminante também se mostrou significativa e o poder de separação dos grupos foi relativamente alto ( $F = 2.3352$ , g. l. = 15,77,  $p = 0.0083$ , Wilk's lambda = 0,3552, Fig. 3B). As correlações canônicas associadas às duas primeiras funções (0,670 e 0,474) corroboram esse resultado, mostrando maior poder de separação dos grupos. A primeira função (Fator I) explicou 62% da variabilidade dos dados e separou solos com maiores teores de Zn e menores teores de Mn. A segunda função (Fator II) explicou 32% da variabilidade dos dados e separou solos com maiores teores de Mn e B. A matriz jackknifed exibiu o mesmo padrão visto nas análises anteriores e a regra de classificação para amostras de solo sem plantas teve menor porcentagem de acerto do que a maioria das regras de classificação criadas para as amostras de solo contendo indivíduos de *L. spiralis* (Tabela 1).

O grupo de variáveis 3 também gerou uma análise discriminante significativa e com alto poder de separação dos grupos ( $F = 5,0925$ , g. l. = 12,66,

$p = 0.00001$ , Wilk's lambda = 0,2131, Fig. 3C). As correlações canônicas associadas às duas primeiras funções (0,823 e 0,559) corroboram esse resultado, mostrando maior poder de separação dos grupos. A primeira função (Fator I) explicou 81% da variabilidade dos dados e separou solos com maiores teores de SB e V. A segunda função (Fator II) explicou 17% da variabilidade dos dados e separou solos com menores teores de SB e m. Da mesma maneira que nas outras análises a matriz jackknifed demonstrou um alto grau de acerto para as regras de classificação criadas para os grupos de solo contendo plantas com relação àquele grupo de amostras que não continha indivíduo algum (Tabela 1).

Com relação ao grupo de variáveis 4a análise discriminante também foi significativa e com alto poder de separação ( $F = 7,2939$ , g. l. = 9,73,  $p = 0.0001$ , Wilk's lambda = 0,2099, Fig. 3D). As correlações canônicas associadas às duas primeiras funções (0,783 e 0,671) corroboram esse resultado, mostrando maior poder de separação dos grupos. A primeira função (Fator I) explicou 65% da variabilidade dos dados e separou solos com maiores teores de t e Prem. A segunda função (Fator II) explicou 34% da variabilidade dos dados e separou solos com menores teores de t e Prem. A matriz jackknifed manteve o padrão das análises anteriores e as regras de classificação criadas para os grupos de amostras contendo plantas tiveram maior porcentagem de acerto do que aquela criada para o grupo de amostras de solo que não continha plantas (Tabela 1).

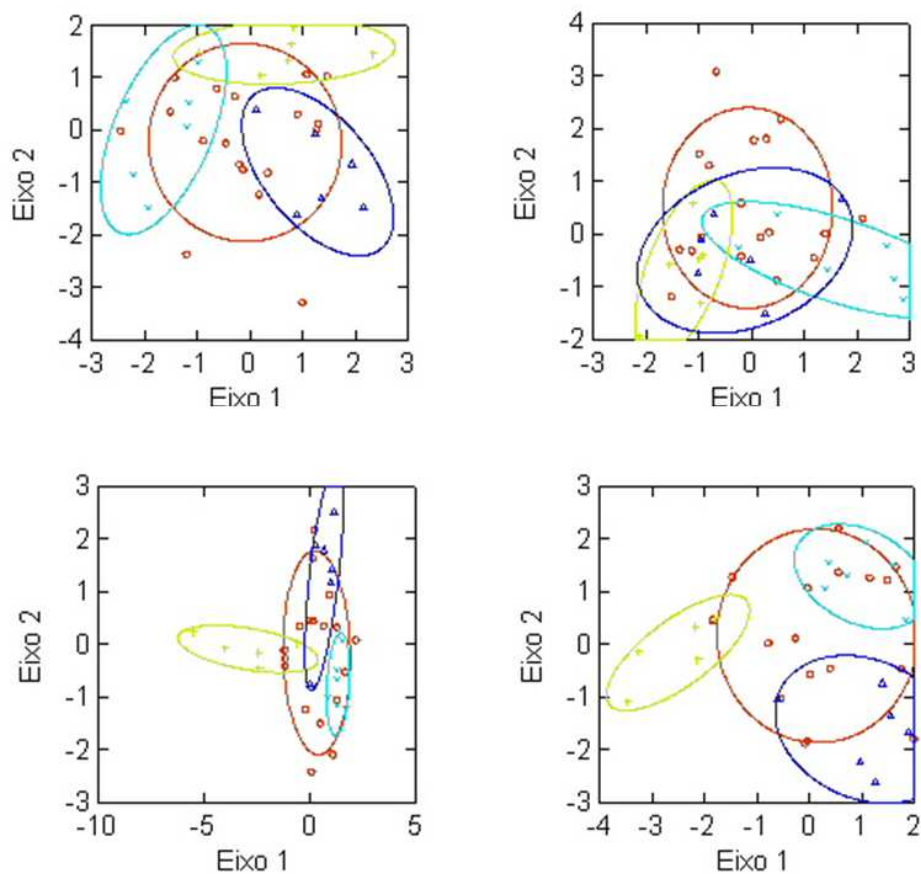


Figura 3 Gráficos das análises discriminantes para *L. spiralis*. O grupo vermelho representa as amostras de solo com ausência de indivíduos da espécie. Os outros três grupos representam pontos em diferentes áreas de coleta contendo indivíduos da espécie. A) Grupo de variáveis preditoras 1. B) Grupo de variáveis preditoras 2. C) Grupo de variáveis preditoras 3. D) Grupo de variáveis preditoras 4.

*Leiothrix crassifolia* foi a primeira espécie a apresentar comportamento diferenciado. Dos quatro grupos de variáveis analisados apenas os grupos 3 e 4 mostraram influência na separação de grupos de amostras de solo que continham

plantas dos grupos de amostras que não continham qualquer indivíduo. Aparentemente macro e micronutrientes não são variáveis importantes neste sentido para essa espécie. O grupo de variáveis 1 gerou uma análise discriminante não significativa ( $F = 1.1513$ , g. l. = 12,77,  $p = 0.3331$ ), bem como o grupo 2 ( $F = 1.4983$ , g. l. = 12,77,  $p = 0.1431$ ).

O grupo de variáveis 3, no entanto, gerou uma análise discriminante significativa e com poder de separação entre grupos relativamente alto ( $F = 2.7054$ , g. l. = 12,77,  $p = 0,0043$ , Wilk's lambda = 0,3942 Fig. 4A). As correlações canônicas associadas às duas primeiras funções (0,688 e 0,484) corroboram esse resultado, mostrando maior poder de separação dos grupos. A primeira função (Fator I) explicou 73% da variabilidade dos dados e separou solos com maiores teores de V e m. A segunda função (Fator II) explicou 25% da variabilidade dos dados e separou solos com maiores teores de pH e SB. A matriz jackknifed mostrou, bem como as matrizes geradas por outras análises discriminantes, que a regra de classificação criada para grupos de amostras de solo com ausência de plantas teve menor porcentagem de acerto em relação àquelas criadas para definir grupos de amostras com presença de plantas (Tabela 1).

O grupo de variáveis 4 também gerou uma análise discriminante significativa e com poder de separação dos grupos de valor mediano ( $F = 3.2123$ , g. l. = 9,73,  $p = 0.0025$ , Wilk's lambda = 0,440, Fig. 4B). As correlações canônicas associadas às duas primeiras funções (0,634 e 0,507) corroboram esse resultado, mostrando maior poder de separação dos grupos. A primeira função (Fator I) explicou 66% da variabilidade dos dados e separou solos com menores teores de textura e Prem. A segunda função (Fator II) explicou 33% da variabilidade dos dados e separou solos com maiores teores t e Prem. A matriz jackknifed mostrou, semelhantemente às outras análises que foram significativas, que a regra de classificação criada para grupos de amostras

de solo com ausência de plantas teve menor porcentagem de acerto em relação àquelas criadas para definir grupos de amostras com presença de plantas (Tabela 1).

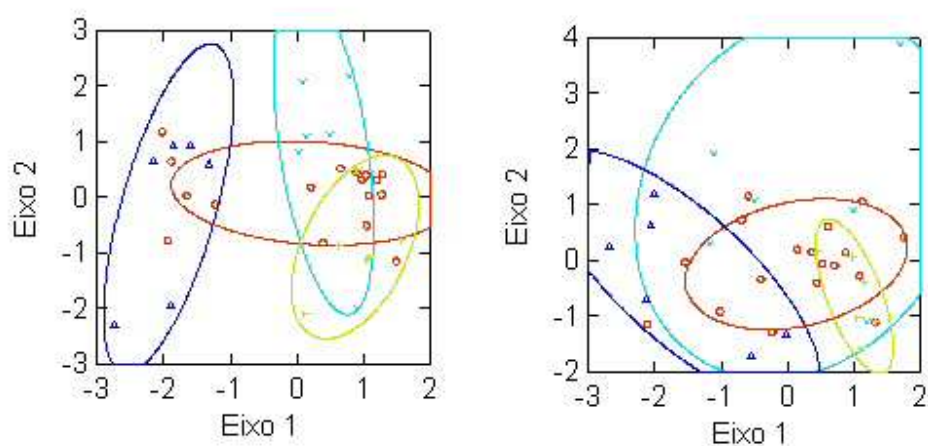


Figura 4 Gráficos das análises discriminantes para *L. crassifolia*. O grupo vermelho representa as amostras de solo com ausência de indivíduos da espécie. Os outros três grupos representam pontos em diferentes áreas de coleta contendo indivíduos da espécie. A) Grupo de variáveis predictoras 1. B) Grupo de variáveis predictoras 2. C) Grupo de variáveis predictoras 3. D) Grupo de variáveis predictoras 4.

*Leiothrix vivipara* foi a espécie que apresentou as menores respostas com relação à separação de grupos de amostras de solo contendo plantas em relação àqueles grupos de amostras com ausência de plantas. Nenhum dos grupos de variáveis foi útil para separar esses grupos e todas as análises discriminantes foram não significativas (grupo 1:  $F = 0,712$ , g. l. = 6,38,  $p = 0,6419$ ; grupo 2:  $F = 1,323$ , g. l. = 10,34,  $p = 0,2955$ ; grupo 3:  $F = 1,046$ , g. l. = 8,36,  $p = 0,4213$ ; grupo 4:  $F = 0,6007$ , g. l. = 6,38,  $p = 0,729$ ).

#### 4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos não corroboram a hipótese inicial de que as características de solo seriam suficientes para separar grupos de amostras de solo contendo indivíduos do gênero *Leiothrix* e grupos de amostras de solo nos quais não ocorriam as espécies em estudo. Estes resultados indicam que apesar da grande pressão seletiva, no que tange à nutrição de plantas que ocorre nos campos rupestres, outros aspectos do ambiente devem estar envolvidos na distribuição das espécies da família Eriocaulaceae. O estudo de Coelho et al. (2008) é uma referência clara a esse processo, já que evidencia a importância da cobertura vegetal das áreas amostrais para a separação dos grupos de modos reprodutivos. O modo reprodutivo pseudo-vivíparo formador de copa foi o único que conseguiu colonizar locais com alta cobertura vegetal. Isso ocorreu, pois o crescimento vertical das plantas que apresentam esse modo reprodutivo tornou possível a coexistência com as gramíneas responsáveis pela alta cobertura vegetal dessas áreas.

Em nível de espécie os resultados mostram que o uso destas variáveis preditoras ligadas à composição abiótica do solo não é suficiente para separação de possíveis microhabitats nos quais a ocorrência de indivíduos seria favorecida. Em nível genérico fica claro que as amostras de solo que não contêm plantas são muito similares às amostras contendo plantas e a ausência de indivíduos do gênero *Leiothrix* nos locais não colonizados deve-se, provavelmente, à restrição de dispersão encontrada neste gênero. Plantas do gênero *Leiothrix* tem alta capacidade de propagação vegetativa (Giulietti, 1978), formando clones morfológicamente associados à estratégia falange (*sensu* Lovett-Doust, 1981), sendo que a maioria das espécies apresenta baixa produção de sementes (Giulietti, 1978). Essa produção reduzida de propágulos sexuais pode ser relacionada a uma capacidade limitada de colonização de novos ambientes.

Desta maneira as plantas do gênero teriam sido selecionadas para suportar maior variação das condições de solo. Isso é possível porque no caso de plantas herbáceas perenes a germinação das sementes não parece estar diretamente ligada às características do solo (Garrido et al., 2012; Latimer e Jacobs, 2012), que parecem, na verdade, estar ligadas às fases posteriores do desenvolvimento das plantas (Latimer e Jacobs, 2012).

Um padrão interessante emerge das análises em nível de gênero. Para todos os grupos de variáveis preditoras analisados a análise discriminante não foi capaz de separar grupos de amostras contendo plantas daqueles grupos que não continham plantas, porém evidenciou uma separação bastante clara quando considerados apenas o grupos contendo plantas. Para os quatro grupos de variáveis preditoras analisados, foi possível perceber uma maior coesão entre os pontos que representavam amostras de solo que continham espécies distintas do gênero *Leiothrix*. Isso tem implicações importantes para a análise da distribuição do gênero em áreas de campo rupestre.

Hutchinson (1957) afirma que cada espécie possui uma gama de combinação de condições e recursos que seria necessária para seu estabelecimento e desenvolvimento, sumarizada como o nicho ecológico. Seria de se esperar que em um determinado local todos os habitats adequados para determinada espécie estariam colonizados. Hubbell (2001), no entanto, defende que alguns padrões em nível de comunidades, como a assembleia de certas espécies, podem ser explicados apenas por deriva ecológica e processos de dispersão, embasando-se na premissa de que todas as espécies têm características demográficas semelhantes.

Nossos dados suportam ambas as teorias e sugerem que a distribuição de plantas em campos rupestres pode estar ligada tanto a aspectos ecológicos quanto a aspectos probabilísticos de colonização. Ao observar as análises em nível genérico é possível perceber que apesar de não se diferenciarem das

amostras de solo que não continham plantas, as amostras de solo contendo determinadas espécies se agruparam e ficaram plotadas em áreas próximas no gráfico. Isso reforça a ideia de que cada espécie pode apresentar algumas necessidades específicas de condições do solo e, portanto, a adaptação a certos ambientes edáficos pode ser um mecanismo forte de coexistência (Yost et al., 2012). No entanto, o fato de vários pontos adequados à colonização se apresentarem como pontos com ausência de espécies evidencia a ideia de que a distribuição destas espécies é altamente determinada pela capacidade de dispersão, corroborando a limitação na dispersão e no recrutamento em áreas que apresentam alta diversidade de espécies (Hubbell, 2005, 2006).

Conclui-se que a distribuição das espécies do gênero *Leiothrix* não é determinada por fatores edáficos e que no caso dos campos rupestres, apesar da grande importância de fatores abióticos, devem também ser levados em conta os fatores bióticos que regulam a dispersão e o recrutamento das espécies para um melhor entendimento da coexistência das plantas nesses ambientes.

**REFERÊNCIAS**

- ÅGREN, G. I. **Stoichiometry and Nutrition of Plant Growth in Natural Communities**. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 2008. 39:153–70.
- BAZZAZ, F. A. 1991. **Habitat Selection in PLants**. *Am. Nat.* 137: S116-S130.
- BENITES, V.M., CAIAFA, A.N., MENDONÇA, E.S., SCHAEFER, C.E. e KER, J.C. 2003. **Solos e vegetação nos complexos rupestres de altitude da Mantiqueira e do espinhaço**. *Floresta e ambiente* 10:76-85.
- BENITES, V.M., SCHAEFER, C.E.G.R., SIMAS, F.N.B. e SANTOS, H.G. 2007. **Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and espinhaço**. *Revista Brasileira de Botânica* 30: 569-577.
- BROENNIMAN, O., THULLER, W., HUGHES, G., MIDGLEY, G. F., ALKEMADE, J. M. R., GUIBAN, A. 2006. **Do geographic distribution, niche property and life form explains plant's vulnerability to global change?** *Global changebiology* 12:1079-1093.
- COELHO, F.F., CAPELO, C., NEVES, A.C.O, MARTINS, R.P. e FIGUEIRA, J.E.C. 2006. **Seasonal timing of pseudoviviparous reproduction of *Leiothrix* (Eriocaulaceae) rupestrian species in Southeastern Brazil**. *Annals of Botany* 98:1189-1195.
- COELHO, F.F, CAPELO, C., RIBEIRO, L.C., FIGUEIRA, J.E.C., 2008. **Reproductive modes in *Leiothrix* (Eriocaulaceae) in South-eastern Brazil: The role of microenvironmental heterogeneity**. *Ann. Bot-London* 101, 353-360.
- DEVICTOR, V., JULLIARD, R., JIGUET, F. 2008. **Distribution of specialist and generalist species along spatial gradients of habitat disturbance and fragmentation**. *Oikos*, 117:507-514.

GARRIDO, J. L., REY, P. J., HERRERA, C. M., RAMÍREZ, J. M. 2012. **Negative evidence of local adaptation to te establishment conditions in a perennial herb.** *Plant Ecol* 213:1555-1569.

GENG, Y., WANG, Z., LIANG, C., FANG, J., BAUMANN, F., KÜHN, P., SCHOLTEN, T., HE, J. 2012. **Effect of geographical range size on plant functional traits and the relationships between plants, soil, and climate in Chinese grasslands.** *Global Ecology and Biogeography*, 21, 416-427.

GIULIETTI AM. 1978. **Os generos Eriocaulon L. e Leiothrix Ruhl. (Eriocaulaceae) na Serra do Cipó Minas Gerais, Brasil.** PhD Thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil.

GRIME, J. P. **Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory.** *American Naturalist* (1977) 111: 1169-1194.

HUBBELL, S.P. 2001. **The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography.** Princeton University Press, Princeton, NJ.

\_\_\_\_\_. S.P. 2005. **Neutral theory in community ecology and the hypothesis of functional equivalence.** *Funct Ecol* 19: 166–172.

\_\_\_\_\_. S.P. 2006. **Neutral theory and the evolution of ecological equivalence.** *Ecology* 87: 1387–1398.

HUTCHINSON, G. E. 1957. **Concluding remarks.** *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* 22:415–427.

KLECKA WR. 1980. **Discriminant analysis. Quantitative applications in the social sciences.** Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

LATIMER AM, JACOBS BS. 2012. **Quantifying how fine-grained environmental heterogeneity and genetic variation affect demography in an annual plant population.** *Oecologia* 170(3):659-667.

LOVETT-DOUST L. 1981. **Population dynamics and local specialization in a clonal perennial (*Ranunculus repens*).** *Journal of Ecology* 69: 743–755.

MACARTHUR, R. H. AND WILSON, E. O. 1967. **The Theory of Island Biogeography.** Princeton, N.J.: Princeton University Press.

QUINN, G., KEOUGH, M., 2002. **Experimental design and data analysis for biologists.** Cambridge: Cambridge University Press, 527 pp.

R CORE TEAM 2013. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

SOUTHWOOD, T. R. E. 1977. **Habitat, the templet for ecological strategies?** *Journal of animal ecology*, Oxford, 46: 337-65, 1977.

STEARNS, S. C. **The evolution of life histories.** Oxford: Oxford University Press, 1992.

THUILLER, W., LAVOREL, S. e ARAÚJO, M.B. 2005. **Niche properties and geographical extent as predictors of species sensitivity to climate change.** *Global Ecology and Biogeography*, 14, 347–357.

WITKAMP, M. **Soils as components of ecosystems.** *Annual Review of Ecology and Systematics* 2, 85-110.

YOST, J. M., BARRY, T., KAY, K. M., RAJAKARUNA, N. 2012. **Edaphic adaptation maintains the coexistence of two cryptic species on serpentine soils.** *Am. J. Bot.* 99 (5): 890-897.

## **CAPÍTULO 2**

**CARACTERÍSTICAS LOCAIS DE SOLO SÃO IMPORTANTES PARA  
DETERMINAÇÃO DA ABUNDÂNCIA DE ESPÉCIES DO GÊNERO  
*LEIOTHRIX*(ERIOCAULACEAE)?**

## RESUMO

Os padrões de abundância e a distribuição das espécies tem sido um assunto recorrente nos estudos ecológicos e conhecer as relações entre as abundâncias das espécies e seus habitats pode oferecer vislumbres das funções dessas espécies na comunidade à qual pertencem. A abundância de uma espécie será influenciada por combinações de fatores bióticos e abióticos, que definem as dimensões do espaço multidimensional do nicho de cada espécie. Dessa maneira, o solo pode ser um dos fatores mais importantes no estabelecimento e na abundância das espécies de plantas, funcionando como filtro de habitat. Isso ocorre devido à falta de mobilidade das plantas em sua etapa vegetativa do ciclo de vida, que faz com que a semente ou propágulo vegetativo estejam fadados a se desenvolver em um local determinado, sem chance imediata de movimentação, o que torna muito provável a limitação em escala local. Os campos rupestres são habitats reconhecidamente estressantes, pois contam com uma pequena quantidade de nutrientes no solo e apresentam escassez de água em uma estação do ano, devido a pouca profundidade e a grande parcela da fração areia no solo, que diminuem as taxas de percolação. Além disso, o solo é um mosaico de condições que pode mudar em pequenas escalas. Dessa forma, ao encontrar uma mancha de habitat adequada as plantas provavelmente estabelecem maior número de indivíduos. A partir dessas informações foi hipotetizado que a abundância de indivíduos de espécies do gênero *Leiothrix* está ligada à composição do solo no qual cada população se estabelece e que a abundância de cada espécie será influenciada por diferentes características do solo. Para testar esta hipótese, marcaram-se parcelas de 1 m<sup>2</sup> e foram coletadas amostras de solo sob os quais estavam estabelecidos indivíduos de quatro espécies do gênero *Leiothrix*. Em cada parcela contaram-se o número de rametes da espécie que o ocupava. Posteriormente, os modelos lineares generalizados foram ajustados utilizando as características do solo como variáveis preditoras e a abundância de plantas como variável resposta. As análises mostraram que as respostas são espécie específicas e apenas *L. mucronata* apresentou algum tipo de resposta em relação à composição do solo. Concluiu-se que provavelmente cada uma das espécies desenvolveu mecanismos diferentes para lidar com a limitação nutricional.

**Palavras-chave:** Tamanho populacional. Relação planta-solo. Filtro ambiental.

## ABSTRACT

The patterns of species distribution and abundance have been a recurrent subject in ecological studies, because the knowledge of the relationship between abundance and species distribution and their habitats may offer glimpses in the species functions inside the biological communities where they are established. The abundance of a species will be influenced by a combination of biotic and abiotic factors, which define the dimensions of the multidimensional space of each species niche. In this way, the soil may appear as one of the most important factors over the establishment and population size of plant species, acting like an environmental filter. This occurs due to the lack of mobility of plants in their vegetative phase, what preclude the seed or vegetative propagule to choose a different place after establishment, what allow the local scale limitation. Rupestrian grasslands are stressing habitats because offer low nutrients amount in the soil and present strong water seasonality. Besides, the soil is a mosaic of conditions that can change in little scales. Thus, plants probably establish a higher number of individuals when a suitable patch of habitat is found. Departing from this information, we hypothesized that the individual abundance of genus *Leiothrix* species is linked to soil composition, and that the abundance of each species will be influenced by different soil characteristics. To test our hypothesis we marked 1 m<sup>2</sup> quadrats, sampled soil with *Leiothrix* individuals presence and obtained the soil composition. In each quadrat we counted the number of ramets of the respective *Leiothrix* species found. After we fitted GLM's using the soil characteristics as predictors and plants abundance as response variable. Analyses showed that the responses are species-specific and only *L. mucronata* showed some response to soil composition. We concluded that probably each species has developed different mechanisms in order to deal with the nutritional limitation.

**Keywords:** Population size. Soil-plant relationship. Environmental filter.

## 1 INTRODUÇÃO

Os padrões de abundância e a distribuição das espécies têm sido um assunto recorrente nos estudos ecológicos (Brown, 1984; Brown, 1995). Um dos fatores diretamente ligado a esses padrões é a presença de habitats adequados, que pode ser determinante para a distribuição e ocorrência de uma espécie num determinado local (Munzbergová e Herben, 2005).

A abundância de uma espécie será influenciada por combinações de fatores bióticos e abióticos, que definem as dimensões do espaço multidimensional do nicho de cada espécie (Hutchinson, 1957). Dessa forma, a variação na abundância de uma espécie no espaço reflete a distribuição das probabilidades de densidade das combinações ambientais requeridas (Brown, 1984). A capacidade de um organismo em colonizar e se estabelecer em determinado local também será fator determinante para a abundância das espécies em escala local (Maire et al., 2012).

Dessa maneira, o solo pode ser um dos fatores mais importantes no estabelecimento e na abundância das espécies de plantas, funcionando como filtro de habitat. Isso ocorre devido à falta de mobilidade das plantas em sua etapa vegetativa do ciclo de vida, que faz com que a semente ou propágulo vegetativo estejam fadados a se desenvolver em um local determinado, sem chance imediata de movimentação, o que torna muito provável a limitação em escala local (Eriksson e Ehrlén, 1992; Ehrlén e Eriksson, 2000). Para plantas do gênero *Leiothrix* (Eriocaulaceae) o solo parece ter papel determinante no estabelecimento dos propágulos, sendo que sementes de *L. crassifolia* são ligadas a solos mais arenosos, nos quais a penetração das delicadas raízes é mais fácil (Coelho et al., 2008).

As plantas clonais, no entanto, levam vantagem sobre as plantas que se reproduzem apenas de maneira sexuada. Através da formação de rametes elas são capazes de identificar melhores manchas de habitat adjacentes e estabelecer novos indivíduos em locais com maior qualidade (de Kroon e Hutchings, 1995). Os rametes, conectados por fragmentos denominados “spacers”, ainda contarão com uma rede de integração fisiológica, que permitirá a troca de fotossintatos, água e nutrientes do solo (Zhang et al., 2012).

Com relação à família Eriocaulaceae, integrante comum das comunidades vegetais de campos rupestres do sudeste brasileiro (Giulietti e Hensold, 1990), a integração clonal é invocada para explicar maiores potenciais reprodutivos de rametes de *Comanthera nivea* inseridos em clones em comparação a rametes isolados e também às maiores sobrevivências de rametes que permanecem ligados à planta mãe durante a estação seca em espécies do gênero *Leiothrix* (Coelho et al, 2006).

Os campos rupestres são habitats reconhecidamente estressantes, pois contam com uma pequena quantidade de nutrientes no solo (Negreiros et al., 2008; Benites et al., 2007; Coelho et al., 2008) e apresentam escassez de água em uma estação do ano, devido a pouca profundidade e à grande parcela da fração areia no solo, que diminuem as taxas de percolação (Benites et al., 2007). Além disso, o solo é um mosaico de condições que pode mudar em pequenas escalas. Dessa forma ao encontrar uma mancha de habitat adequada as plantas provavelmente estabelecem maior número de indivíduos. A partir dessas informações foi hipotetizado que a abundância de indivíduos de espécies do gênero *Leiothrix* está ligada à composição do solo no qual cada população se estabelece e que a abundância de cada espécie será influenciada por diferentes características do solo.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

A cadeia de montanhas do espinhaço, onde se encontra a Serra do Cipó, está localizada nos estados de Minas Gerais e Bahia. Tem cerca de 1100km de comprimento e orienta-se na direção norte-sul ( $10^{\circ}$  -  $20^{\circ}35'S$ ), com largura aproximada de 50-100km e com elevações acima de 800m, atingindo quase 2000m em alguns pontos. Essa cadeia de montanhas tem um substrato principalmente composto de formações quartzíticas e areníticas, com solos ácidos e oligotróficos que são usualmente rasos e arenosos. A Serra do Cipó fica na porção mais ao sul da cadeia do espinhaço (Ribeiro e Fernandes, 2000), tem litologia predominantemente quartzítica (Benites et al., 2003; 2007) e se encontra protegida pelo Parque Nacional da Serra do Cipó. A região tem de 3 – 4 meses de estação seca no inverno e uma média anual de temperatura entre 17,4 e 19,8°C (Rapini et al., 2002). A vegetação no parque é composta por Cerrado e Matas de Galeria, mas é amplamente dominada pelos Campos Rupestres (Benites et al., 2003). Pelo isolamento de suas montanhas e suas condições ambientais especiais, a cadeia do Espinhaço tem uma composição florística distinta e seus campos rupestres podem representar um dos maiores níveis de espécies endêmicas da flora brasileira (Giulietti et al., 1987). Eriocaulaceae, Velloziaceae e Xyridaceae estão entre os táxons mais encontrados na região.

Os solos dos complexos rupestres de altitude no Parque Nacional da Serra do Cipó apresentam elevados índices de erosão devido às grandes altitudes e ao relevo movimentado (Benites et al., 2003). Como são estabelecidos sobre quartzitos, apresentam baixos níveis nutricionais, sendo considerados distróficos (Benites et al., 2007). Em geral a quantidade de macronutrientes é baixa e a

toxidez por alumínio é alta (Negreiros et al., 2008). Essa baixa fertilidade dos solos provavelmente condicionou adaptações nas estratégias de história de vida das plantas, envolvendo, provavelmente, adaptações morfológicas e fisiológicas (Benites et al., 2003; Coelho et al., 2006; Coelho et al., 2008).

## 2.2 Espécies de estudo

O gênero *Leiothrix* apresenta cerca de 68 espécies (Giulietti et al., 2013) e é endêmico da América do Sul (Giulietti e Hensold, 1990). No Brasil, distribui-se em todos os estados (Giulietti et al., 2013), mas seu centro de endemismo provavelmente localiza-se nas serras da cadeia do Espinhaço, principalmente na região da Serra do Cipó (Giulietti, 1984; Giulietti e Hensold, 1990). Neste trabalho foram amostrados solos sobre os quais se estabeleciam rametes de *L. crassifolia*, *L. mucronata*, *L. spiralis* e *L. vivipara*.

As duas primeiras espécies são classificadas como rizomatosas produtoras de sementes, preferem ambientes com menor cobertura vegetal, nos quais as sementes podem encontrar maior disponibilidade de locais para germinação, e de textura mais arenosa, que facilita a emissão e crescimento dos rizomas. *Leiothrix spiralis* é classificada como pseudovivípara enraizada, também ocorre em locais com menor cobertura vegetal, já que os rametes só se tornam enraizados após o contato com o solo (Coelho et al., 2006). *Leiothrix vivipara* é a única espécie capaz de colonizar ambientes com maior cobertura vegetal entre as espécies analisadas neste trabalho. Isso ocorre devido a seu modo reprodutivo, chamado pseudovivípara formadora de copa, no qual os rametes permanecem suspensos, se tornando uma eficiente estrutura fotossintética, que permite à roseta-mãe alcançar a luz solar, via translocação de fotossintatos, mesmo estando inserida na vegetação (Coelho et al., 2008).

### 2.3 Amostragem dos solos

A viagem de campo foi realizada em março de 2013, no final da estação chuvosa. Com o propósito de compreender o efeito das características do solo na abundância de *L. spiralis*, *L. crassifolia*, *L. mucronata* e *L. vivipara*, estabeleceram-se parcelas de 10 m<sup>2</sup> em áreas de campo rupestre na Serra do Cipó. Cada uma dessas parcelas foi dividida em 100 sub-parcelas de 1 m<sup>2</sup>.

Para cada parcela foi amostrado solo em seis sub-parcelas contendo plantas. Esse procedimento foi realizado em três parcelas para *L. spiralis*, *L. crassifolia* e *L. mucronata*, totalizando 18 amostras de solo contendo plantas para cada espécie. Para *L. vivipara* duas parcelas foram marcadas, totalizando 12 amostras de solo contendo plantas. Em cada uma dessas sub-parcelas foi contado o número de rosetas enraizadas no solo.

As amostras de solo foram coletadas e acondicionadas em sacos plásticos. Posteriormente as amostras de solos foram levadas para o departamento de solos da Universidade Federal de Lavras, onde as seguintes variáveis químicas e físicas foram obtidas: pH (medido em água, KCl e CaCl<sub>2</sub> com relação de 1:2,5), Cálcio, Magnésio, Alumínio (Ca, Mg e Al, respectivamente – extraídos em KCl a 1 mol/L), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica a pH 7 (T), índice de saturação de alumínio (m), Fósforo remanescente (P-rem), Enxofre (S, extraído com Fosfato monocálcico em ácido acético), Fósforo, Sódio, Potássio, Ferro, Zinco, Manganês, Cobre (P, Na, K, Fe, Zn, Mn e Cu, respectivamente, extraídos com Mehlich 1), soma de íons Hidrogênio e Alumínio (H + Al, extraído com SMP), capacidade de troca catiônica efetiva (t), índice de saturação de bases (V), matéria orgânica (MO, extraída via oxidação por Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 4N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10 N) e Boro (B, extraído com água quente), porcentagens de argila, silte, areia grossa e areia fina.

## 2.4 Análise de dados

Para verificar o efeito das variáveis de solo na abundância das espécies do gênero *Leiothrix* foram adaptados modelos lineares generalizados (Quinn e Keough, 2002) ajustados à distribuição 'quasipoisson', que diminui o problema de sobredispersão quando a variável resposta é uma variável de contagem. Utilizou-se as variáveis de solo como preditoras e as abundâncias de cada espécie como variável resposta. Devido à grande quantidade de preditoras em relação ao número de amostras as variáveis de solo foram divididas em quatro grandes grupos (Tabela 1). A variável textura foi obtida através da seguinte fórmula:  $(\text{Argila} + \text{Silte}) / (\text{Areia grossa} + \text{areia fina})$  e pode ser interpretada como um indicador da capacidade de retenção de água (Coelho et al., 2008). Todas as análises foram realizadas no software R (R CORE TEAM, 2013).

### 3 RESULTADOS

A relação entre a abundância das plantas e as características de solo foi espécie-específica e referiu-se a condições bastante específicas do ambiente edáfico. *Leiothrix mucronata*, *L. crassifolia* e *L. vivipara* não apresentaram quaisquer relações de suas abundâncias com a composição química ou estrutura física do solo. *L. spiralis*, no entanto, apresentou abundâncias relacionadas à quantidade de enxofre (S) e ao fósforo remanescente no solo.

Para *L. mucronata* os modelos nulos apresentaram mesmo poder de explicação dos modelos construídos com as variáveis preditoras nos quatro grupos de variáveis. Os macronutrientes aparentemente não têm influência sobre a abundância de rametes desta espécie (g.l. 12,  $F = 1.0485$ ,  $p = 0.4354$ ). O mesmo ocorreu para os micronutrientes (g.l. 12,  $F = 0.7245$ ,  $p = 0.618$ ), para as características ligadas à acidez do solo (g.l. 11,  $F = 2.519$ ,  $p = 0.08754$ ) e para as características físico-químicas (g.l. 12,  $F = 1.5303$ ,  $p = 0.2524$ ).

O comportamento de *L. crassifolia* foi similar. Os macronutrientes (g.l. 14,  $F = 0.7689$ ,  $p = 0.5303$ ) e micronutrientes (g.l. 12,  $F = 1.923$ ,  $p = 0.1639$ ) parecem não afetar a abundância de rametes, bem como as características ligadas à acidez do solo (g.l. 11,  $F = 1.5479$ ,  $p = 0.2507$ ) e as características físico-químicas do solo (g.l. 12,  $F = 0.1038$ ,  $p = 0.9894$ ).

*Leiothrix vivipara* seguiu o padrão das primeiras duas espécies e macronutrientes (g.l. 8,  $F = 0.1229$ ,  $p = 0.944$ ), micronutrientes (g.l. 6,  $F = 3.2368$ ,  $p = 0.09256$ ), características ligadas à acidez do solo (g.l. 5,  $F = 0.2405$ ,  $p = 0.944$ ) e características físico-químicas do solo (g.l. 6,  $F = 0.9835$ ,  $p = 0.4968$ ) não foram bons preditores da abundância de rametes, tendo o mesmo poder de explicação dos modelos nulos.

A abundância de *L. spiralis*, no entanto, apresentou um padrão diferenciado de comportamento. Apesar de micronutrientes (g.l. 12,  $F = 2.4372$ ,  $p = 0.0957$ ) e características ligadas à acidez do solo (g.l. 11,  $F = 1.961$ ,  $p = 0.1577$ ) não terem exibido influência sobre o número de rametes por plot, os macronutrientes e as características físico-químicas do solo mostraram afetar o número de plantas de maneira bastante pronunciada. No caso dos macronutrientes, após a retirada das variáveis não significativas do modelo, o teor de enxofre (S) no solo mostrou alta influência no número de rametes por plot (Tabela1), sendo que à medida que aumenta a quantidade de enxofre diminui-se a abundância de indivíduos (Fig 1A).

Tabela 1 Resultados do GLM para a relação entre abundância de rametes de *L. spiralis* e macronutrientes. Valores significativos de p foram marcados com \*.

	<b>Estimativa</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Valor t</b>	<b>p</b>
Intercepto	6.1592	0.5959	10.336	1.73e <sup>-8</sup> *
S	-0.551	0.1270	-4.332	0.000515*

Para as características físico-químicas o fósforo remanescente foi o principal fator afetando a abundância de *L. spiralis* (Tabela 2), sendo que à medida que se aumenta a quantidade de fósforo remanescente no solo, maior é a abundância desta espécie (Fig 1B). Esses resultados demonstram uma possível preferência por solos mais pobres em certos nutrientes.

Tabela 2 Resultados do GLM para a relação entre abundância de rametes de *L. spiralis* e características físico-químicas do solo. Valores significativos de p foram marcados com \*.

	<b>Estimativa</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Valor t</b>	<b>p</b>
Intercepto	1.992001	0.393086	5.068	0.000114*

---

Fósforo remanescente	0.040861	0.009219	4.432	0.000418*
----------------------	----------	----------	-------	-----------

---

#### 4 DISCUSSÃO

As espécies do gênero *Leiothrix* incluídas neste estudo não demonstraram uma resposta padrão, apesar de três espécies das quatro estudadas não terem apresentado relações claras entre fatores de solo e abundância de indivíduos. Apesar de alguns estudos sugerirem forte dependência entre taxas demográficas como fecundidade e emergência de plântulas e fatores abióticos (Latimer e Jacobs, 2012), outros apontam que a abundância de uma população pode ser altamente influenciada pela espécie a qual pertencem os indivíduos, já que isso pode alterar o balanço entre o estabelecimento bem sucedido e da capacidade de sobrevivência local do indivíduo (Chevin et al., 2010; Zhang et al., 2012). É necessário salientar que essas respostas espécie-específicas podem ser determinantes para a estruturação da comunidade em escala regional e, muitas vezes, podem estar ligadas à coexistência de espécies filogeneticamente próximas. Outro aspecto a ser analisado é que os indivíduos do gênero *Leiothrix* têm vigorosa reprodução vegetativa (Coelho et al., 2007) e, na maioria das vezes, os indivíduos gerados dessa maneira permanecem ligados via rizoma (Coelho et al., 2007) ou escapos florais (Coelho et al., 2006). Essa ligação via “spacers” (Lovett-Doust, 1981) pode representar uma chance de integração clonal e o transporte de fotoassimilados entre todos os rametes. Essa integração pode diminuir a importância de fatores abióticos locais já que um ramete pode fornecer nutrientes ao outro em caso de necessidade, levando em conta que suas zonas de forrageamento são distintas (Zhang et al., 2012).

No caso de plantas da família Eriocaulaceae, as condições ambientais são fortemente evocadas para explicar o comportamento ecológico de várias

espécies do gênero *Leiothrix* (Coelho et al., 2006; Coelho et al., 2007; Figueira e Del Sarto, 2007). O solo é evocado como determinante de modos reprodutivos do gênero *Leiothrix* (Coelho et al., 2008). Os dados deste trabalho não suportam a hipótese de que o solo tenha papel determinante na abundância de espécies do gênero *Leiothrix* e isso pode ser devido à estratégia de propagação de cada espécie.

*Leiothrix crassifolia* e *L. mucronata* apresentam, apesar da grande produção de rametes via rizoma, uma vigorosa produção de sementes (Coelho et al., 2007). A produção das sementes, que funcionarão como propágulos resistentes, oferece a essas espécies uma possibilidade maior de alcançar novos habitats para colonização. Visto que o solo da Serra do Cipó é geralmente pobre em nutrientes (Negreiros et al., 2008; Benites et al., 2007) uma menor dependência de fatores de solo regulando a colonização e o estabelecimento seria uma estratégia para garantir que qualquer local colonizado fosse adequado para a germinação dessas sementes.

No caso de *L. vivipara* a estratégia adotada é diferente, mas visa atingir um objetivo similar. Como a reprodução dessa planta se dá principalmente via assexuada, com o brotamento de capítulos e a produção de novos indivíduos por rizoma, um espectro mais amplo de uso do solo permitiria maior sobrevivência e estabelecimento dos novos indivíduos gerados, já que a baixa produção de sementes tornaria inviável a colonização de novos habitats. Além disso, *L. vivipara* mantém um contato duradouro com os rametes produzidos de maneira pseudovivípara (Coelho et al. 2007), através dos escapos florais que permanecem conectando plantas parentais e plantas filhas. Essa conexão faz com que apenas o estabelecimento de uma planta mãe seja suficiente para a formação de grandes populações de rametes suspensos e posterior expansão lateral via brotamento dos rizomas.

*Leiothrix spiralis*, por sua vez, estaria numa categoria entre as duas supracitadas. Apesar da vigorosa produção de sementes, há também grande produção de rametes via pseudoviviparidade (Coelho et al., 2007). No entanto essa espécie se diferencia de *L. vivipara* no sentido de que os rametes formados por brotamento têm alta probabilidade de desligamento da planta mãe (Coelho et al., 2006). Esse desligamento geralmente ocasiona a morte do ramete, quando este ainda não se desenvolveu de maneira completa. Neste caso o local de estabelecimento do ramete seria de extrema importância e, portanto, a maior dependência de fatores de solo se torna compreensível. É interessante observar que, apesar da necessidade de um ambiente mais específico, *L. spiralis* prefere solos menos férteis, com baixos teores de S e fósforo disponível, o que tornaria maior a probabilidade de encontrar um habitat adequado para estabelecimento dos propágulos no mosaico de solos inférteis da Serra do Cipó. Possivelmente, a maneira de produção de propágulos e a dispersão destes estão altamente ligadas à preferência de habitat dos organismos.

Conclui-se que, apesar da baixa seletividade das plantas com relação ao solo e da baixa influência deste sobre as abundâncias das espécies em estudo, provavelmente essa baixa seletividade evoluiu em resposta a um ambiente naturalmente pobre em nutrientes, possibilitando maiores oportunidades de colonização e estabelecimento de propágulos.

## REFERÊNCIAS

- BENITES, V.M. et al. Solos e vegetação nos complexos rupestres de altitude da Mantiqueira e do Espinhaço. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 10, n.1, p.76-85, 2003.
- BENITES, V.M. et al. Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n.4, p. 569-577, dez. 2007.
- BROWN, J.H. On the relationship between abundance and distribution of species. **American Naturalist**, Chicago, v. 124, n. 2, p.255-279, 1984.
- BROWN, J.H. **Macroecology**. Chicago: University of Chicago Press, 1995.
- COELHO, F.F. et al. Vegetative propagation strategies of four rupestrian species of *Leiothrix* (Eriocaulaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.30, n.4, p.687-694, dez. 2007.
- COELHO, F.F. et al. Seasonal timing of pseudoviviparous reproduction of *Leiothrix* (Eriocaulaceae) rupestrian species in Southeastern Brazil. **Annals of Botany**, London, v. 98, n.6, p.1189–1195, Dec. 2006.
- COELHO, F.F. et al. Reproductive modes in *Leiothrix* (Eriocaulaceae) in Southeastern Brazil: The role of microenvironmental heterogeneity. **Annals of Botany**, London, v. 101, n. 3, p.353-360, Feb. 2008.
- CHEVIN, L-M.; LANDE, R.; MACE, G.M. Adaptation, plasticity, and extinction in a changing environment: towards a predictive theory. **PLoS Biology**, London, v. 8, n.4, p. 1-8, Apr. 2010. e1000357. doi:10.1371/journal.pbio.1000357.
- KROONS, H.; HUTCHINGS, M. J. Morphological plasticity in clonal plants: the foraging concept reconsidered. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 83, n. 1, p.143-152, Feb.1995.

EHRLÉN, J.; ERIKSSON, O. Dispersal limitation and patch occupancy in forest herbs. **Ecology**, Washington, v. 81, 6, p.1667–1674, June 2000.

ERIKSSON, O.; EHRLÉN, J. Seed and microsite limitation of recruitment in plant populations. **Oecologia**, New York, v. 91, n.3, p.360-364, Sept. 1992.

FIGUEIRA, J.E.; DEL SARTO, M.C.L. Clonal growth and dispersal potential of *Leiothrixflagellaris* Ruhland (Eriocaulaceae) in the rocky grasslands of Southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n.4, p. 679-686, dez. 2007.

GIULIETTI, A.M. **Estudos taxonômicos no gênero Leiothrix Ruhl. (Eriocaulaceae)**. Tese (Livre docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

GIULIETTI, A.M.; HENSOLD, N. Padrões de distribuição geográfica dos gêneros de Eriocaulaceae. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 4, n. 2, p.133–158, 1990.

GIULIETTI, A. M. et al. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista das espécies. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, n. 9, p.1-151, 1987.

GIULIETTI, A.M. et al. **Eriocaulaceae in lista de espécies da flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB7541>>.

LATIMER, A.M.; JACOBS, B.S. Quantifying how fine-grained environmental heterogeneity and genetic variation affect demography in an annual plant population. **Oecologia**, New York, v.170, n.3, p.659-67, Nov. 2012.

LOVETT-DOUST, L. Population dynamics and local specialization in a clonal perennial (*Ranunculus repens*). **Journal of Ecology**, Oxford, v. 69, p. 743–755, 1981.

MAIRE, V. et al. Habitat filtering and niche differentiation jointly explain species relative abundance within grassland communities along fertility and

disturbance gradients. **New Phytologist**, Cambridge, v.196, n.2, p. 497–509, Oct. 2012.

MÜNZBERGOVÁ, Z.; EHERBEN, T. Seed, dispersal, microsite, habitat and recruitment limitation - identification of terms and concepts in studies of limitations. **Oecologia**, New York, v. 145, n. 1, p.1-8, Jan. 2005.

NEGREIROS, D.; MORAES, M. L. B.; FERNANDES, G. W. Characterization of soil fertility of four leguminous shrubs of rupestrian fields. Serra do Cipo, MG, Brazil. **Soil Science Plant Nutrition**, Tokyo, v. 8, n.3, p.30-39, 2008.

QUINN, G. P.; KEOUGH, M. J. **Experimental design and data analysis for biologists**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. 537 p.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, Disponível em: <  
<http://www.R-project.org/>>.

RAPINI, A.; MELLO-SILVA, R. E.; KAWASAKI, M.L. Richness and endemism in Asclepiadoideae (Apocynaceae) from the Espinhaço Range of Minas Gerais, Brazil – a conservationist view. **Biodiversity and Conservation**, Dordrecht, v. 11, n. 10, p. 1733-1746, 2002.

RIBEIRO, K. T.; FERNANDES, G. W. Patterns of abundance of a narrow endemic species in a tropical and infertile habitat. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 147, n. 2, p. 205-218, Apr. 2000.

WANG, X. et al. Local-scale drivers of tree survival in a temperate forest. **PLoS ONE**, Shenyang, v. 7, n.2, Fev. 2012. e29469.  
doi:10.1371/journal.pone.0029469.

ZHANG, Y.; ZHANG, Q.; SAMMUL, M. Physiological integration ameliorates negative effects of drought stress in the clonal Herb *Fragaria orientalis*. **PLoS ONE**, Shenyang, v.7, n.9, 2012. e44221. doi:10.1371/journal.pone.0044221.