

Artigos

Efeito da profundidade, estacionalidade e luminosidade no banco de sementes do solo de campo rupestre

Effect of depth, seasonality and light on a soil seed bank of rupestrian grassland

Cristina Pereira de Jesus Veloso^I , João Carlos Gomes Figueiredo^I ,
Nayara Mesquita Mota^{II} , Giovana Rodrigues da Luz^I ,
Islaine Francieli Pinheiro de Azevedo^I ,
Geraldo Wilson Fernandes^{III} , Yule Roberta Ferreira Nunes^I 

^IUniversidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros, MG, Brasil

^{II}Instituto Inhotim, Brumadinho, MG, Brasil

^{III}Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

RESUMO

A composição florística dos campos rupestres compreende um mosaico de espécies com adaptações distintas, exibindo alta diversidade e endemismo. Entretanto, as plantas dos campos rupestres possuem dependência às condições específicas do local e sua reprodução quase sempre é limitada, tornando difícil a regeneração natural após perturbações. O banco de sementes do solo representa um fator potencial para a regeneração deste ambiente. Objetivou-se avaliar o banco de sementes do solo de diferentes profundidades de uma área de campo rupestre, coletado em duas estações climáticas e submetido a duas condições de luminosidade. Foram coletadas amostras compostas de serapilheira e de solo (0-5 cm) em 13 parcelas de 100 m², em uma área de campo rupestre na Serra do Cipó (Minas Gerais), nas estações seca e chuvosa. As amostras foram submetidas às condições de luminosidade pleno sol e sombreamento. No total, emergiram 185 plântulas pertencentes a 31 espécies e a nove famílias botânicas. As famílias com maior riqueza foram Cyperaceae, Poaceae e Asteraceae. Houve variação de riqueza, abundância e composição florística entre as profundidades do solo, mas não foi observada variação em relação à estacionalidade e às condições de luminosidade. As amostras de solo apresentaram valores superiores dos parâmetros avaliados em relação àquelas da serapilheira, mostrando que o banco de sementes é mais representativo no solo. Esses resultados demonstram que existe potencial de regeneração do campo rupestre por meio do banco de sementes do solo.

Palavras-chave: Banco de propágulos; Camada do solo; Clima; Cadeia do Espinhaço

ABSTRACT

The floristic composition of the rupestrian grasslands comprises a mosaic of species with different adaptations exhibiting high diversity and endemism. However, the plant species from rupestrian grasslands are dependent on site-specific conditions and their reproduction is almost always limited, making natural regeneration after disturbances difficult. The soil seed bank represents a potential factor for the regeneration of this environment. The objective was to evaluate the soil seed bank of different depths of a rupestrian grassland area, collected in two climatic seasons and submitted to different light conditions. The samples composed of litter and soil (0-5 cm) were collected in 13 plots of 100 m², in a rupestrian grassland area in Serra do Cipó (Minas Gerais state), in dry and rainy seasons. The samples were subjected to full sun and shading conditions. In total, 185 seedlings of 31 species and nine botanical families emerged. The richest families were Cyperaceae, Poaceae and Asteraceae. There was variation in richness, abundance and floristic composition among the soil strata, but no variation was observed in relation to seasonality and light conditions. The soil samples presented higher values of the evaluated parameters in relation to those ones of litter, showing that the seed bank is more representative in the soil stratum. These results demonstrate that there is potential for rupestrian grassland regenerations through the seed bank, especially the soil stratum.

Keywords: Propagule bank; Soil layer; Climate; Espinhaço Mountain Range

1 INTRODUÇÃO

O campo rupestre é uma fitofisionomia pertencente ao bioma Cerrado, caracterizado por uma vegetação herbácea-arbustiva associada a afloramentos rochosos e solos arenosos, localizado nas áreas mais elevadas, entre 800 a 2000 m de altitude (FERNANDES *et al.*, 2016). A composição florística dos campos rupestres compreende um mosaico de espécies com diferentes adaptações e múltiplas origens biogeográficas, com alta diversidade e endemismo (SILVEIRA *et al.*, 2016). As espécies vegetais do campo rupestre possuem dependência às condições específicas do local e sua reprodução quase sempre é limitada, tornando difícil a regeneração natural (NEGREIROS *et al.*, 2011). Desse modo, o banco de sementes, como potencial de regeneração, representa um fator importante para a conservação deste ambiente.

O banco de sementes é composto pelas sementes/propágulos viáveis, em estado de dormência primária ou secundária, que permanecem na superfície do solo ou nas camadas mais profundas, provenientes da chuva de sementes (SOLOMON, 2011). Além do componente solo, a serapilheira atua na superfície como uma manta que facilita

a entrada de sementes no banco após a dispersão e até que as condições se tornem adequadas para a germinação (BASKIN; BASKIN, 2014). Assim, parte das sementes fica retida na serapilheira, enquanto outras alcançam diferentes profundidades do solo em função de suas características morfológicas, estruturas de dispersão e textura do solo (SAATKAMP; POCHLOD; VENABLE, 2014).

Temperatura e luz são os principais fatores ambientais que afetam a germinação de sementes no solo, desde que haja disponibilidade de água e oxigênio (MA *et al.*, 2014). Existe uma sincronização da germinação com as condições favoráveis ao desenvolvimento da plântula. Esse mecanismo regulatório da germinação é especialmente importante em ambientes com sazonalidade marcante (ESCOBAR; CARDOSO, 2015), como nos campos rupestres. Em muitas espécies, a presença de luz favorece a germinação, mas em outras, o comportamento germinativo é melhor na ausência de luz (SAATKAMP; POCHLOD; VENABLE, 2014).

Em ambientes marcadamente sazonais, o banco de sementes funciona como uma estratégia de sobrevivência das comunidades vegetais ligadas a escassez hídrica (ESCOBAR; CARDOSO, 2015; LUZ *et al.* 2018). Assim, as sementes estocadas no solo resultam em interações múltiplas entre fatores abióticos e bióticos, em sua maioria regida por fatores climáticos. Desse modo, o banco de sementes pode variar em composição, riqueza e abundância no tempo e espaço. Na estação seca, por exemplo, o índice pluviométrico é menor, reduzindo a umidade do solo e, em decorrência disso, ocorre diminuição da taxa de predação e/ou ataque de patógenos, mas a emergência das sementes do solo é prejudicada (VIEIRA *et al.*, 2015). Por outro lado, a estação chuvosa propicia condições ambientais adequadas que impulsionam a emergência das plântulas, mas promove o aumento da atividade dos organismos predadores e patogênicos que podem danificar as sementes (SAATKAMP; POCHLOD; VENABLE, 2014).

Estudos de bancos de sementes do solo em campos rupestres ainda são escassos. Entender o potencial de regeneração deste ambiente através do banco de sementes é essencial, pois representa umas das fontes de regeneração de uma área perturbada

(MA *et al.*, 2014). A importância de conhecer a dinâmica do banco de sementes no campo rupestre baseia-se no entendimento dos processos adaptativos das espécies em resposta aos fatores ambientais, bem como na influência que estas alterações podem causar no direcionamento da regeneração (LUZ *et al.*, 2018). A composição de espécies envolvidas neste processo, bem como a densidade de indivíduos podem ser afetadas, servindo como base para o manejo e a conservação de espécies com interesses ecológicos (SOLOMON, 2011).

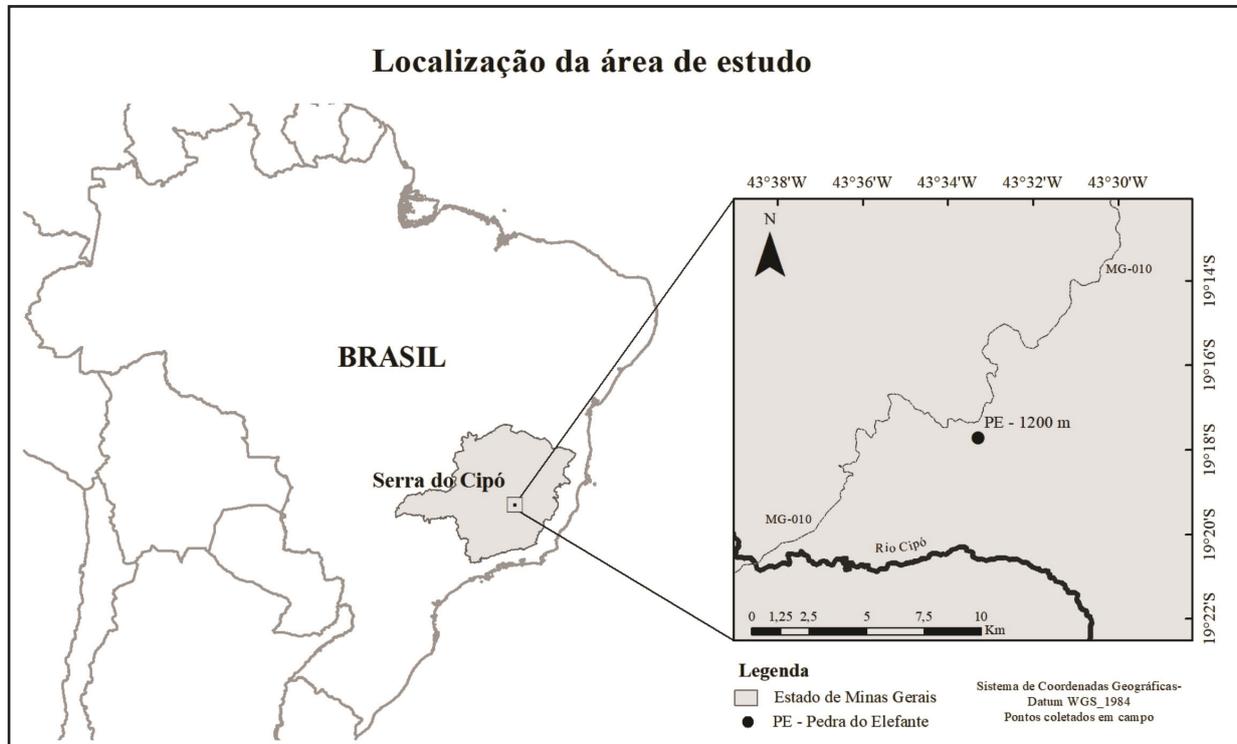
Este estudo teve como objetivo avaliar o banco de sementes do solo de diferentes profundidades de uma área de campo rupestre na Serra do Cipó (Minas Gerais), coletado em duas estações climáticas e submetido a diferentes condições de luminosidade. Para isso, as seguintes questões foram abordadas: (i) a composição, riqueza e abundância do banco de sementes do solo variam entre as profundidades solo e serapilheira?; (ii) a emergência de plântulas (riqueza e abundância) do banco de sementes é estimulada pela disponibilidade de luz?; e (iii) a composição, riqueza e abundância do banco de sementes do solo divergem entre as estações climáticas (seca e chuvosa)?

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido em uma área de campo rupestre na Serra do Cipó, no local denominado Pedra do Elefante (19°17'43,0" S e 43°33'17,4" W) (Figura 1). A Serra do Cipó está localizada na parte sul da Cadeia do Espinhaço, entre as latitudes de 19°12' - 19°34' S e longitudes de 43°27' - 43°38' W, na região central do estado de Minas Gerais (LUZ *et al.*, 2018). Esta serra abrange os municípios de Santana do Riacho e Jaboticatubas e, de acordo com a classificação de Köppen, o clima regional é tropical de altitude (Cw), com verões quentes e estações secas pronunciadas, temperatura média anual de 21,2°C e precipitação de 1622 mm (FERNANDES *et al.*, 2016).

Figura 1 – Localização geográfica da Serra do Cipó, em Minas Gerais e no Brasil, e da área de amostragem (Pedra do Elefante -1200 m)



Fonte: Autores (2020)

A vegetação da Serra do Cipó é formada predominantemente por fitofisionomias de cerrado e manchas de floresta tropical atlântica (FERNANDES *et al.*, 2016). O solo desta região é caracterizado pela acidez elevada, com deficiência em micronutrientes, alta saturação de alumínio e textura predominantemente arenosa, mas com teores de matéria orgânica razoáveis (NEGREIROS *et al.*, 2011). A área de estudo, à 1200 m de altitude, apresenta solo Neossolo Litólico (SANTOS *et al.*, 2018) e possui vegetação herbácea e arbustiva, sobre afloramentos rochosos íngremes, campos em cascalho de quartzo e campos turfosos em algumas parcelas (MOTA *et al.*, 2016; 2018).

2.2 Amostragem do banco de sementes

Para a amostragem do banco de sementes do solo, foram coletadas amostras de solo e de serapilheira em dois períodos do ano, na estação seca (setembro de 2015)

e na estação chuvosa (fevereiro de 2016). Para isso, foram utilizadas 13 parcelas de 10 m × 10 m (100 m²), previamente instaladas para o levantamento da vegetação lenhosa (MOTA *et al.*, 2018). Em cada parcela, foram amostrados quatro pontos equidistantes de 3 m dos vértices das parcelas, perfazendo uma amostra composta do solo por parcela. Em cada ponto, foram coletadas uma amostra de serapilheira (folhedo), na área superficial, e outra de solo na profundidade de 0-5 cm, com auxílio de um gabarito nas dimensões 30 cm × 30 cm, pá de jardinagem e espátula.

Após a coleta, as amostras compostas de serapilheira e de solo foram acondicionadas, separadamente, em sacos plásticos devidamente identificados e transportadas para o Laboratório de Ecologia Vegetal, no campus da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), em Montes Claros. Cada amostra composta de serapilheira e de solo, de cada parcela, foi dividida em duas bandejas plásticas (22 cm × 12 cm × 8 cm), devidamente identificadas, sendo ainda as amostras de serapilheira dispostas sobre areia esterilizada (em autoclave).

Os pares de amostras de solo e de serapilheira foram distribuídos em duas condições de luminosidade, com objetivo de promover a germinação de espécies com diferentes requerimentos de intensidade luminosa. Assim, as amostras foram acondicionadas em duas casas de vegetação, nas dimensões 11 m × 6 m × 2 m (altura), sendo que uma delas simulava condições de luz direta coberta por tela de polietileno de cor branca (clarite) no teto e laterais e por plástico somente no teto. A outra simulando sombreamento de 50%, obtido através de uma instalação coberta por tela de polietileno de cor preta (sombrite 50%), revestida no teto e laterais e por plástico somente no teto. A utilização de plástico transparente (espessura 0,5 mm) cobrindo o teto das casas de vegetação objetivou o controle da umidade, evitando interferência de chuvas no local de instalação dos experimentos. Ambas as casas de vegetação tiveram o piso coberto por brita e tela sombrite para evitar a emergência de plântulas próprias do local. Foram ainda distribuídas 28 bandejas plásticas em cada casa de vegetação, contendo areia esterilizada para verificação de infestações de

sementes local, para cada experimento instalado. Todas as amostras foram regadas até umidificação completa do solo, duas vezes ao dia.

Para avaliação do banco de sementes, foi utilizado o método de germinação (BROWN, 1992). As amostras de serapilheira e de solo, no clarite e sombrite, de cada época de coleta, foram acompanhadas semanalmente durante 12 semanas. Para isso, foram contabilizados todos os indivíduos cujas sementes germinaram e suas plântulas emergiram, sendo ainda, morfotipados para posterior identificação. Após o estabelecimento do indivíduo (estádio pós-plântula) ou quando havia material reprodutivo (flor), foi feita a retirada do indivíduo para herborização. A identificação do material botânico foi realizada por meio de consultas a especialistas e literatura especializada. O material botânico foi tratado segundo as técnicas de herborização e depositado no Herbário Montes Claros (MCMG) da UNIMONTES. Para a classificação das espécies em famílias, foi utilizado o sistema *Angiosperm Phylogeny Group IV* (2016).

2.3 Análise de dados

Os valores de riqueza e abundância do banco de sementes em função da profundidade (serapilheira e solo 0-5 cm), da intensidade luminosa (sombrite e clarite) e do período de coleta (estação seca ou chuvosa) foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) em procedimento GLM (Modelo Linear Generalizado) com teste F. Para avaliar a composição florística, foi feita uma matriz de abundância, referente à profundidade e estações. A matriz foi ordenada pela técnica de NMDS (Non-Metric Multidimensional Scaling), utilizando a Distância Euclidiana como medida de dissimilaridade, através das funções do pacote Vegan (OKSANEN *et al.*, 2019). Para testar a significância das diferenças na composição florística, foi realizada a comparação das distribuições de similaridades entre os fatores (profundidade, luminosidade e estação do ano) por PERMANOVA (análise multivariada permutacional de variância) e, também, foi feita análise de contribuição das espécies (SIMPER), usadas com o intuito de determinar quais as espécies que mais contribuíram para a formação

de grupos distintos. Todas as análises foram realizadas no software R 3.4.3. (R CORE TEAM, 2015). Não houve infestação no experimento, assim os dados observados foram validados para a análise descrita.

3 RESULTADOS

No total, emergiram 185 plântulas, pertencentes a 31 espécies, distribuídas em 16 gêneros e nove famílias botânicas (Tabela 1). Dessas, 21 plântulas foram identificadas em nível de família, 97 em nível de gênero e 64 plântulas foram identificadas em nível de espécie. Três espécies não foram identificadas, com um indivíduo cada. As famílias que apresentaram maior riqueza e abundância foram Cyperaceae, com nove espécies e 117 indivíduos, seguida de Poaceae, com seis espécies e 39 indivíduos, e Asteraceae, com cinco espécies e 11 indivíduos.

Tabela 1 – Número de indivíduos por famílias botânicas e de espécies do banco de sementes (solo e serapilheira) amostrado em diferentes estações climáticas (seca e chuva), e submetido a diferentes condições de luminosidade (100% e 50%) de uma área de campo rupestre (Pedra do Elefante), na Serra do Cipó (Minas Gerais)

Família/ espécie	Profundidade		Estação		Luminosidade	
	Solo	Serap.	Seca	Chuvosa	100%	50%
Asteraceae						
<i>Aspilia</i> sp.	1	-	-	1	1	-
<i>Baccharis platypoda</i> DC.	4	-	3	1	2	2
<i>Lychnophora ericoides</i> Mart.	2	-	2	-	-	2
<i>Senecio</i> sp.	2	-	-	2	-	2
sp.1	2	-	2	-	1	1
Cyperaceae						
<i>Bulbostylis conifera</i> (Kunth) C.B.Clarke	1	-	-	1	-	1
<i>Bulbostylis</i> sp.	39	-	23	16	23	16
<i>Cyperus</i> sp.	21	-	13	8	10	11
<i>Rhynchospora consanguinea</i> (Kunth) Boeckeler	9	-	4	5	3	6
<i>Rhynchospora riedeliana</i> C.B.Clarke	3	-	1	2	1	2
<i>Rhynchospora tenuis</i> Link	16	-	14	2	10	6
<i>Rhynchospora</i> sp.1	7	-	7	-	4	3
<i>Rhynchospora</i> sp.2	20	-	6	14	10	10
<i>Rhynchospora</i> sp.3	1	-	1	-	1	-

Continua ...

Tabela 1 – Conclusão

Família/ espécie	Profundidade		Estação		Luminosidade	
	Solo	Serap.	Seca	Chuvosa	100%	50%
Euphorbiaceae						
sp.1	1	-	1	-	-	1
Lamiaceae						
sp.1	1	-	1	-	1	-
Melastomataceae						
<i>Miconia</i> sp.	1	-	-	1	-	1
Poaceae						
<i>Axonopus</i> sp.	1	-	1	-	-	1
<i>Echinolaena inflexa</i> (Poir.) Chase	17	2	14	5	8	11
<i>Homolepis longispicula</i> (Döll) Chase	1	-	1	-	-	1
<i>Paspalum</i> sp.	2	-	2	-	-	2
sp.1	5	1	-	6	3	3
sp.2	2	8	-	10	5	5
Portulacaceae						
<i>Portulaca oleracea</i> L.	1	1	2	-	1	1
Rubiaceae						
<i>Richardia</i> sp.	1	-	1	-	-	1
sp.1	1	-	1	-	1	-
Solanaceae						
<i>Schwenckia americana</i> Rooyen ex L.	7	-	2	5	4	3
<i>Solanum</i> sp.	1	-	-	1	-	1
Não identificada						
sp.1	-	1	1	-	-	1
sp.2	1	-	1	-	1	-
sp.3	-	1	1	-	-	1

Fonte: Autores (2021)

A riqueza e abundância do banco de sementes variaram entre a profundidade (Tabela 2). Emergiram 171 plântulas distribuídas em 29 espécies no solo e 14 plântulas distribuídas em seis espécies na serapilheira (Tabela 1, Figura 2). A composição do banco de sementes também variou entre a profundidades ($p = 0,09$; Figura 3). Das seis espécies que emergiram da serapilheira, as mais representativas foram Poaceae sp.2 e *Echinolaena inflexa*. Das 29 espécies que emergiram no solo, as mais abundantes foram *Bulbostylis* sp., *Cyperus* sp.1 e *Rhynchospora* sp.2. Segundo a análise SIMPER,

as espécies que mais contribuíram com a composição florística foram *Bulbostylis* sp. (17,98%), *Rhynchospora* sp.2 (10,49%), *Cyperus* sp. (9,90%) *Echinolaena inflexa* (9,79%), *Rhynchospora tenuis* (9,35%) e Poaceae sp.2 (8,69%). Em relação às espécies exclusivas, no solo, foram *Aspilia* sp., Asteraceae sp.1, *Axonopus* sp., *Baccharis platypoda*, *Bulbostylis conifera*, *Bulbostylis* sp., *Cyperus* sp.1, Euphorbiaceae sp.1, *Homolepis longispicula*, Lamiaceae sp.1, *Lychnophora ericoides*, *Miconia* sp., *Paspalum* sp., *Rhynchospora consanguinea*, *Rhynchospora riedeliana*, *Rhynchospora tenuis*, *Rhynchospora* sp.1, *Rhynchospora* sp.2, *Rhynchospora* sp.3, *Richardia* sp., Rubiaceae sp.1, *Schwenkia americana*, *Senecio* sp., *Solanum* sp. e não identificada sp.2. Enquanto, na serapilheira, as espécies exclusivas foram os morfotipos (não identificadas) sp. 1 e sp.3. As espécies *Echinolaena inflexa*, Poaceae sp.1, Poaceae sp.2 e *Portulaca oleracea* foram comuns em ambas as profundidades.

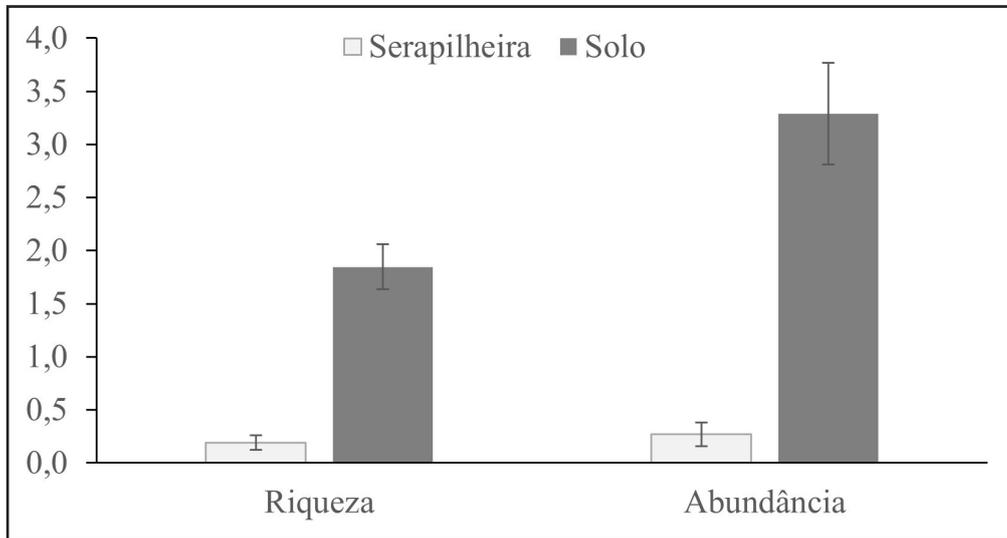
Tabela 2 – Resultados da ANOVA em procedimento GLM, realizada a partir dos dados de riqueza e abundância do banco de sementes do solo em relação à época de coleta (estações seca e chuvosa), luminosidade (100% e 50%) e profundidade (solo 0-5 cm e serapilheira)

Fonte de variação	Gl	Desvio residual	F	p
Riqueza				
Profundidade	1	71,115	54,9888	< 0,001
Luz	1	0,346	0,2677	> 0,05
Estação	1	2,462	1,9033	> 0,05
Abundância				
Profundidade	1	237,010	36,6983	< 0,01
Luz	1	0,240	0,0372	> 0,05
Estação	1	6,010	0,9305	> 0,05

Fonte: Autores (2021)

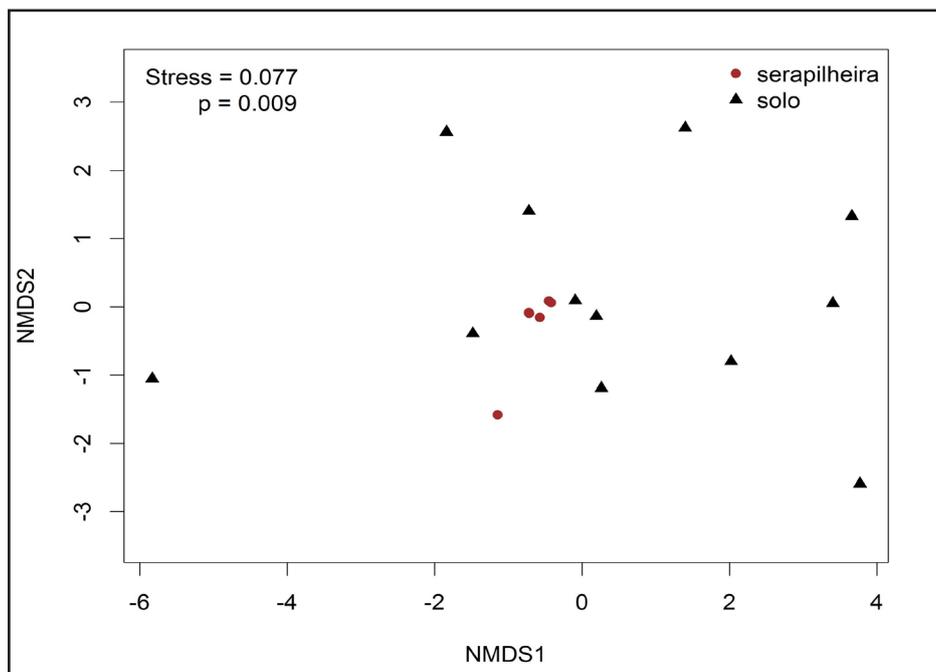
Em que: Gl = grau de liberdade; F = teste de Fisher; p = probabilidade.

Figura 2 – Médias de riqueza e abundância de emergência de plântulas do banco de sementes do solo em função da profundidade (solo e serapilheira)



Fonte: Autores (2021)

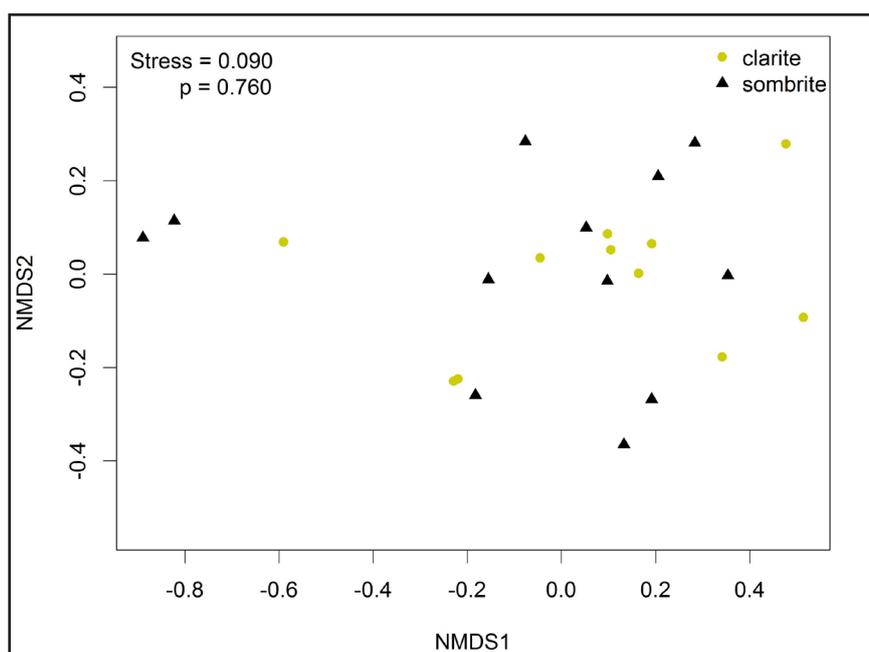
Figura 3 – Diagrama de Escala Multidimensional Não-paramétrica (nMDS) das espécies do banco de sementes do solo em função da profundidade (solo e serapilheira)



Fonte: Autores (2021)

Para os tratamentos de luminosidade e entre as estações do ano, não houve variação significativa da riqueza e abundância (Tabelas 1 e 2). A composição do banco de sementes também não variou entre os tratamentos de luminosidade (clarite e sombrite) ($p = 0,76$; Figura 4). Segundo a análise SIMPER, as espécies que mais contribuíram com a composição florística foram *Cyperus* sp. (44,15%), *Rhynchospora* sp.1 (16,37%), *Bulbostylis* sp. (7,53%), *Rhynchospora tenuis* (4,46%), *Echinolaena inflexa* (3,87%) e *Rhynchospora* sp.2 (3,73). Em relação às espécies dos tratamentos de luminosidade clarite, foram encontradas, exclusivamente, *Aspilia* sp., Lamiaceae sp.1, *Rhynchospora* sp.3, Rubiaceae sp.1 e não identificada sp.2. No sombrite, as espécies exclusivas foram *Axonopus* sp., *Bulbostylis conifera*, Euphorbiaceae sp.1, *Homolepis longispicula*, *Lychnophora ericoides*, *Miconia* sp., *Paspalum* sp., *Senecio* sp., *Solanum* sp. e as não identificadas sp.1 e sp.3. As espécies Asteraceae sp.1, *Baccharis platypoda*, *Bulbostylis* sp., *Cyperus* sp.1, *Echinolaena inflexa*, Poaceae sp.1, Poaceae sp.2, *Portulaca oleracea*, *Rhynchospora consanguinea*, *Rhynchospora riedeliana*, *Rhynchospora tenuis*, *Rhynchospora* sp.1, *Rhynchospora* sp.2 e *Schwenckia americana* ocorreram em ambos os tratamentos de luminosidade.

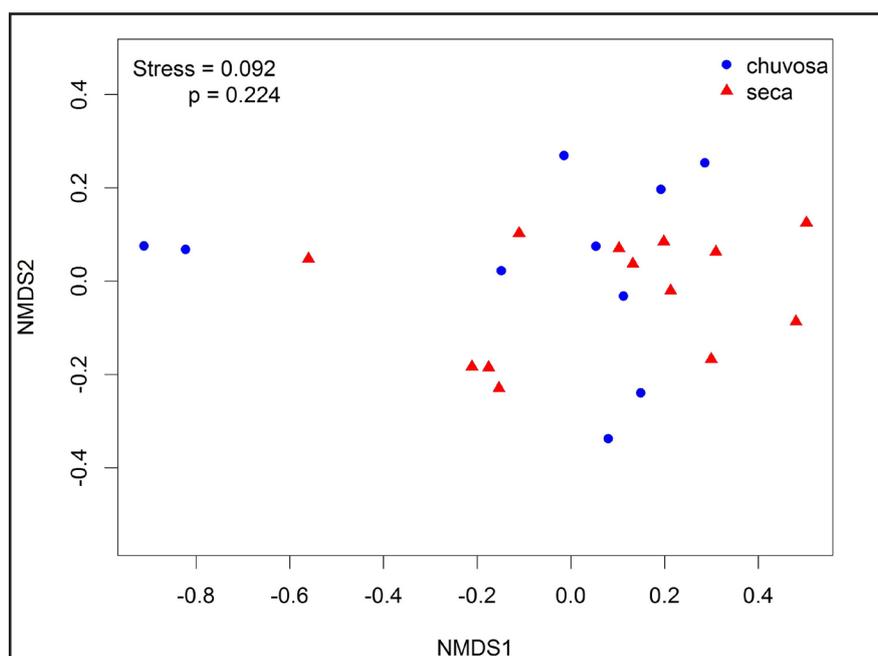
Figura 4 – Diagrama de Escala Multidimensional Não-paramétrica (nMDS) das espécies do banco de sementes do solo em função dos tratamentos de luminosidade (sombrite e clarite)



Fonte: Autores (2021)

A composição do banco de sementes não variou entre as estações ($p = 0,22$; Figura 5). Das 16 espécies que emergiram da coleta da estação chuvosa, as mais representativas, segundo análise de SIMPER, foram *Bulbostylis* sp. (17,29%), *Cyperus* sp.1 (10,98%), *Echinolaena inflexa* (9,91%), *Rhynchospora tenuis* (9,68%) e *Rhynchospora* sp.1 (9,27%). Na estação seca, germinaram 24 espécies, sendo as mais representativas *Bulbostylis* sp., *Echinolaena inflexa*, *Poaceae* sp.2, *Rhynchospora tenuis* e *Rhynchospora* sp.2. As espécies *Asteraceae* sp.1, *Axonopus* sp., *Euphorbiaceae* sp.1, *Homolepis longispicula*, *Lamiaceae* sp.1, *Lychnophora ericoides*, *Paspalum* sp., *Portulaca oleracea*, *Rhynchospora* sp.1, *Rhynchospora* sp.3, *Richardia* sp., *Rubiaceae* sp.1, não identificadas sp.1, sp.2 e sp.3 foram encontradas exclusivamente na estação seca. Já na estação chuvosa, as espécies *Aspilia* sp., *Bulbostylis conifera*, *Miconia* sp., *Poaceae* sp.1, *Poaceae* sp.2, *Senecio* sp. e *Solanum* sp. foram exclusivas. As espécies *Baccharis platypoda*, *Bulbostylis* sp., *Cyperus* sp.1, *Echinolaena inflexa*, *Rhynchospora consanguinea*, *Rhynchospora riedeliana*, *Rhynchospora tenuis*, *Rhynchospora* sp.2 e *Schwenkia americana* foram comuns em ambos os períodos de coleta.

Figura 5 – Diagrama de Escala Multidimensional Não-paramétrica (nMDS) das espécies do banco de sementes do solo em função da estação (chuvosa e seca)



Fonte: Autores (2021)

4 DISCUSSÃO

O banco de sementes do solo do campo rupestre da Serra do Cipó apresentou variação de riqueza, abundância e composição entre as diferentes profundidades (solo e serapilheira). Entretanto, não foram observadas diferenças na riqueza e abundância das coletas das diferentes estações e, ainda, quando submetidas às condições de luminosidade divergentes. As espécies pertencentes às famílias Cyperaceae, Poaceae e Asteraceae foram as mais representativas neste trabalho, em todos os parâmetros avaliados (riqueza, abundância e composição). Essas famílias são importantes componentes da vegetação do campo rupestre. As espécies de Cyperaceae, Poaceae e Asteraceae, geralmente, apresentam germinação rápida e elevada porcentagem, devido a sua capacidade de produzir sementes viáveis para se estabelecerem no ambiente rapidamente (LE STRADIC *et al.*, 2015).

A maior representatividade das famílias Poaceae e Cyperaceae corrobora com os resultados do estudo florístico realizado por Messias *et al.* (2012) também em campos rupestres quartzíticos. Do mesmo modo, Luz *et al.* (2018), estudando o banco de sementes dos campos rupestres, ressaltaram o predomínio de espécies dessas famílias em áreas de campos rupestres com solos arenosos, mostrando grande vantagem competitiva em relação às espécies de outras famílias. Além disso, solos com menor drenagem e baixo *status* nutritivo são dominados por gramíneas da família Poaceae e por espécies graminóides da família Cyperaceae (SILVEIRA *et al.*, 2016).

Mecanismos bióticos e abióticos de incorporação de sementes no solo determinam a heterogeneidade espacial do banco de sementes. As sementes podem ser enterradas em diversas profundidades e, entre as camadas, a quantidade de sementes, a capacidade de germinação e o tempo de viabilidade variam (MENEZES *et al.*, 2019). Além disso, em vegetações mais abertas, a densidade e a composição de sementes podem variar entre os diferentes microhabitats. Em campos rupestres, o banco de sementes do solo está mais exposto às variações ambientais, pois não

existe uma cobertura contínua formada pela copa das árvores (LUZ *et al.*, 2018). Este estudo constatou que, nas camadas do solo, houve maior emergência de plântulas em relação à serapilheira. Esse fato mostra o potencial do solo em armazenar sementes, conferindo proteção contra a predação e diminuindo o dessecamento acelerado das sementes (MA *et al.*, 2013; SAATKAMP; POCHLOD; VENABLE, 2014). Por outro lado, as sementes presentes na serapilheira estão mais expostas e suscetíveis à predação e a morte natural (BARBÉRIO *et al.*, 2014), ocasionando menor índice de emergência de plântulas desta camada.

O banco de sementes do solo varia ao longo do tempo, e a composição de espécies varia em função dos períodos sazonais, de acordo com a fenologia, que condiciona a floração, frutificação e dispersão dos propágulos ao longo do ano (BELO *et al.* 2013). Entretanto, a riqueza e abundância de plântulas emergidas entre as amostras coletadas em ambas as estações do ano, neste estudo, não variaram. Assim, estudos fenológicos das espécies da vegetação dos campos rupestres precisam ser realizados para entender melhor as respostas desta vegetação à sazonalidade. A germinação do banco de sementes do solo não ocorre somente em períodos reprodutivos favoráveis, mas também depende da persistência e viabilidade das sementes no solo e serapilheira por um longo período, influenciando na ocorrência de espécies germinadas ao longo do tempo (SANTOS *et al.*, 2013). As espécies *Bulbostylis* sp. e *Cyperus* sp. foram comuns a ambos os períodos de coleta. O gênero *Bulbostylis* detém cerca de 150 espécies de ervas com características cespitosas e aspecto graminóide, possui ciclo de vida anual ou perene e está distribuído em habitats tropicais e subtropicais em vários continentes, sendo que África e Brasil Central são considerados os principais centros de diversidade do gênero, especialmente em ambientes arenosos secos, formações campestres e afloramentos rochosos (LÓPEZ; SIMPSON, 2012). A família Cyperaceae possui maior número de espécies no Brasil, com hábito herbáceo, que costumam crescer em ambientes onde a umidade é um fator importante (LÓPEZ; SIMPSON, 2012).

Esse fato pode explicar as espécies que contribuíram para composição do banco, como *Rhynchospora tenuis* e *Rhynchospora* sp.2. Espécies de *Rhynchospora* ocorrem comumente em solos secos, sendo bastante comuns em afloramentos rochosos (LONGHI-WAGNER; ARAÚJO, 2014). Contudo, as espécies de Cyperaceae, neste estudo, mostraram-se indiferentes à sazonalidade climática, sendo representativas tanto na estação seca, quanto chuvosa.

Os resultados deste trabalho mostraram que espécies como *Bulbostylis* sp., *Cyperus* sp., *Echinolaena inflexa*, *Rhynchospora tenuis* e *Rhynchospora* sp.2 foram representativas, tanto em relação à profundidade (solo e serapilheira), bem como nas estações seca e chuvosa. Essas espécies já haviam sido citadas como àquelas que estão adaptadas a estes ambientes, com grande abundância no campo rupestre da Serra do Cipó (LUZ *et al.*, 2018). A partir disso, acredita-se que elas podem formar banco de sementes nessas áreas. Espécies que apresentam grande potencial de regeneração a partir de bancos de sementes são muito importantes para a conservação da vegetação dos campos rupestres, especialmente nos afloramentos rochosos que abrigam elevado endemismo e raridade de plantas (SILVEIRA *et al.*, 2016). A importância da espécie *Echinolaena inflexa* em áreas do campo rupestre já havia sido ressaltada por Messias *et al.* (2012), no quadrilátero ferrífero. *Echinolaena inflexa* é uma espécie nativa e abundante no bioma Cerrado, apresenta fenologia precoce, de ciclo longo, com período reprodutivo de novembro a julho (mas pode apresentar inflorescências durante todo ano), e sementes com germinabilidade de 50%, com dormência primária de cerca de seis meses (AIRES; SATO; MIRANDA, 2014).

Neste trabalho, as sementes do banco revelaram comportamento germinativo indiferente em relação às condições de luminosidade. Esse comportamento também foi observado nos estudos de Camargos *et al.* (2013) e Menezes *et al.* (2019), que não encontraram diferenças na emergência de plântulas do banco de sementes exposto a diferentes condições de luminosidade, de Floresta Estacional Semidecidual e

Decidual, respectivamente. Diferenças na germinação em relação aos tratamentos de luminosidade são mais observadas quando cada espécie é analisada separadamente. Por exemplo, *Echinolaena inflexa* foi uma das espécies com maior representatividade nas condições de sombreamento, no estudo de Marques *et al.* (2014). Indivíduos dessa espécie são comumente encontrados em locais sombreados, com alta abundância e produção de biomassa (MARQUES *et al.*, 2014). O sucesso ecológico da família Poaceae reflete a ampla distribuição da família nos mais diversos tipos de habitats (ZHAO *et al.*, 2013). Tal sucesso deve-se, principalmente, à diversidade genética da família, resultante das adaptações morfo-fisiológicas, como tolerância à dessecação e capacidade de se desenvolver em ambientes abertos, secos e diversificados (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Em compensação, as espécies rupícolas conseguem se estabelecer em ambientes com altos índices de radiação solar, variação de temperatura, exposição a ventos fortes, escassez hídrica e nutricional (SILVEIRA *et al.*, 2016). Esses fatores corroboram para a formação de ambientes restritos para grande parte das espécies vegetais. Entretanto, os representantes da família Cyperaceae são comumente encontrados nesse tipo de habitat, nas superfícies das rochas, onde existem barreiras ecológicas que influenciam no processo de germinação de sementes e estabelecimento de plântulas (VERÇOZA; BASTOS, 2013). Esse fato pode justificar a representatividade da emergência de plântulas da espécie *Rhynchospora* sp.2 na casa de vegetação clarite.

Este estudo demonstrou o comportamento das espécies do banco de sementes do solo de campo rupestre em relação aos fatores ambientais analisados. Os mecanismos por trás da formação do banco de sementes e as espécies que o compõem são ainda pouco estudados. Faz-se necessário maiores esforços para compreender os processos ecológicos desses ecossistemas, para auxiliar na conservação de espécies com relevante interesse ecológico ao participarem do processo de regeneração natural e, assim, favorecer a sua conservação.

5 CONCLUSÕES

A composição, riqueza e abundância do banco de sementes do solo variaram entre as profundidades solo e serapilheira. Entretanto, a emergência de plântulas não foi estimulada no ambiente de maior disponibilidade de luz, com riqueza e abundância do banco de sementes similar entre as condições de sombreamento e plena luz. Por fim, a composição, riqueza e abundância do banco de sementes do solo também não variaram entre as estações seca e chuvosa. A profundidade foi o único fator responsável pelas diferenças do banco de sementes do campo rupestre avaliado, mostrando assim que o banco de sementes é mais representativo no solo, com papel essencial na regeneração dos campos rupestres.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho integra o Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração Campos Rupestres Serra do Cipó (PELD-CRSC), financiado pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), FAPEMIG (Fundação de Amparo Pesquisa do Estado de Minas Gerais) e Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). Os autores agradecem a UNIMONTES (Universidade Estadual de Montes Claros), Pousada Pousa Pedra do Elefante e Reserva Vellozia pelo apoio logístico; aos pesquisadores D. Negreiros (UNA), S. Le Stradic (UNESP-Rio Claro), RC Oliveira (UNB) e S D'Ângelo-Neto (UNIMONTES) pela identificação das espécies. Aos estagiários do Laboratório de Ecologia Vegetal da UNIMONTES pelo apoio em campo.

REFERÊNCIAS

- AIRES, S. S.; SATO, M. N.; MIRANDA, H. S. Seed characterization and direct sowing of native grass species as a management tool. **Grass and Forage Science**, Hoboken, v. 69, n. 3, p. 470-478, 2014.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, Oxford, v. 181, n. 1, p. 1-20, 2016.
- BARBÉRIO, M. *et al.* Estudo do banco de sementes em diferentes fisionomias de restinga no litoral sul de São Paulo. **Acta Biológica Catarinense**, Santa Catarina, v. 1, n. 2, p. 28-35, 2014.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds**: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego: Elsevier, 2014.
- BELO, R. M. *et al.* Fenologia reprodutiva e vegetativa de arbustos endêmicos de campo rupestre na Serra do Cipó, Sudeste do Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 64, p. 817-820, 2013.
- BROWN, D. Estimating the composition of a forest seed bank: a comparison of the seed extraction and seedling emergence methods. **Canadian Journal Botany**, Ottawa, v. 70, p. 1603-1612, 1992.
- CAMARGOS, V. L. *et al.* Influência do fogo no banco de sementes do solo em Floresta Estacional Semidecidual. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 19-28, 2013.
- ESCOBAR E., D. F.; CARDOSO, V. J. Longevity of seeds and soil seed bank of the Cerrado tree *Miconia chartacea* (Melastomataceae). **Seed Science Research**, Cambridge, v. 25, p. 386-394, 2015.
- FERNANDES, G. W. *et al.* Cerrado to rupestrian grasslands: patterns of species distribution and the forces shaping them along an altitudinal gradient. *In*: FERNANDES, G. W. **Ecology and conservation of mountain-top grasslands in Brazil**. 1. ed. Springer International, 2016. p. 345-371.
- LE STRADIC, S. *et al.* Diversity of germination strategies and seed dormancy in herbaceous species of campo rupestre grasslands. **Austral Ecology**, Windsor, v. 40, p. 537-546, 2015.
- LONGHI-WAGNER, H. M.; ARAÚJO, A. C. Phanerogamic flora from Serra do Ouro Branco, Minas Gerais, Brazil: Cyperaceae. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 65, n. 2, p. 369-404, 2014.
- LÓPEZ, M. G.; SIMPSON, D. A. The *Bulbostylis capillaris* complex (Cyperaceae) in southern South America. **Kew Bulletin**, London, v. 67, n. 2, p. 225-234, 2012.
- LUZ, G. R. *et al.* Regenerative potential of the soil seed bank along an elevation gradient of rupestrian grassland in Southeastern Brazil. **Botany**, Ottawa, v. 96, p. 281-298, 2018.
- MA, M. *et al.* Seasonal dynamics of the plant community and soil seed bank along a successional gradient in a subalpine Meadow on the Tibetan Plateau. **Plos One**, San Francisco, v. 8, n. 11, p. 1-9, 2013.

MA, Z. *et al.* Responses of alpine meadow seed bank and vegetation to nine consecutive years of soil fertilization. **Ecological Engineering**, Netherlands, v. 70, p. 92-101, 2014.

MARQUES, T. E. D. *et al.* Growth of cerrado native species and of *Vetiveria zizanioides* in colluvium of gullies. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 4, p. 843-855, 2014.

MENEZES, J. C. *et al.* Soil seed bank at different depths and light conditions in a dry forest in Northern Minas Gerais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 26, n. 2, e20170314, 2019.

MESSIAS, M. C. T. B. *et al.* Fitossociologia de campos rupestres quartzíticos e ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 26, p. 230-242, 2012.

MOTA, G. S. *et al.* Changes in species composition structure, and life, fornsalond and life forms along an altitudinal of rupestrian grasslands in south-eastern Brasil. **Flora**, Jena, v. 238, p. 32-42, 2018.

MOTA, N. M. *et al.* Forces driving the regeneration component of a rupestrian grassland complex along an altitudinal gradient. **Brazilian Journal of Botany**, New York, v. 39, p. 845-860, 2016.

NEGREIROS, D. *et al.* Caracterização físico-química de solos quartzíticos degradados e áreas adjacentes de campo rupestre na Serra do Cipó, MG, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, Sofia, v. 6, p. 156-161, 2011.

OLIVEIRA, R. S. *et al.* Mineral nutrition of campos rupestres plant species on contrasting nutrient impoverished soil types. **New Phytologist**, Lancaster, v. 205, p. 1183-1194, 2015.

OKSANEN, J. *et al.* **Vegan**: community ecology package. R package version 2.5-4. [S. l. : s. n.], 2019. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>. Acesso em: 23 set. 2021.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 23 set. 2021.

SAATKAMP, A.; POCHLOD, P.; VENABLE, D. L. The functional role of soil seed banks in natural communities. *In*: GALLAGHER, R. S. **Seeds**: the ecology of regeneration in plant communities. 3th ed. [S. l.]: CABI Agriculture and Bioscience, 2014. p. 235-295.

SANTOS, D. M. *et al.* Can spatial variation and inter-annual variation in precipitation explain the seed density and species richness of the germinable soil seed bank in a tropical dry forest in northeastern Brazil? **Flora**, Jena, v. 208, n. 7, p. 445-452, 2013.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Solos, 2018.

SILVEIRA, F. A. O. *et al.* Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. **Plant and Soil**, Cham, v. 403, p. 129-152, 2016.

SOLOMON, T. B. Soil seed bank dynamics in relation to land management and soil types in the semi-arid savannas of Swaziland. **African Journal of Agricultural Research**, [s. l.], v. 6, p. 2494-2505, 2011.

VIEIRA, M. D. S. *et al.* The seed bank of subtropical grasslands with contrasting land-use history in southern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 29, n. 4, p. 543-552, 2015.

VERÇOZA, F. C.; BASTOS, M. S. Bromeliaceae e Cactaceae dos afloramentos rochosos do Costão de Itacoatiara, Parque Estadual da Serra da Tiririca, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. **Natureza On Line**, Santa Tereza, v. 11, n. 11, p. 7-11, 2013.

ZHAO, L. *et al.* Phylogenomic analyses of nuclear genes reveal the evolutionary relationships within the BEP clade and the evidence of positive selection in Poaceae. **Plos One**, San Francisco, v. 8, n. 5, e64642.1, 2013.

Contribuição de Autoria

1 – Cristina Pereira de Jesus Veloso

Bióloga, Mestranda

<https://orcid.org/0000-0002-3161-9522> • cristinadejesus555@gmail.com

Contribuição: Curadoria de dados, Análise Formal, Investigação, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

2 – João Carlos Gomes Figueiredo

Biólogo, Me., Doutorando

<https://orcid.org/0000-0001-6453-8684> • jcfigueiredo16@gmail.com

Contribuição: Curadoria de dados, Análise Formal, Investigação, Escrita – primeira redação

3 – Nayara Mesquita Mota

Bióloga, Dra.

<https://orcid.org/0000-0002-0171-0886> • naymesquitamota@gmail.com

Contribuição: Análise formal, Metodologia, Software, Validação, Escrita – primeira redação

4 – Giovana Rodrigues Luz

Bióloga, Dra.

<https://orcid.org/0000-0002-7180-9021> • giovanaluz@gmail.com

Contribuição: Curadoria de dados, Análise Formal, Investigação, Escrita – primeira redação

5 – Islaine Franciely Pinheiro Azevedo

Bióloga, Dra.

<https://orcid.org/0000-0002-8078-6423> • islaazevedo@yahoo.com.br

Contribuição: Metodologia, Validação, Escrita – revisão e edição

6 – Geraldo Wilson Fernandes

Biólogo, Dr.

<https://orcid.org/0000-0003-1559-6049> • gw.fernandes@gmail.com

Contribuição: Conceituação, Obtenção de financiamento, Escrita – revisão e edição

7 – Yule Roberta Ferreira Nunes

Bióloga, Dra.

<https://orcid.org/0000-0003-3328-7506> • yule.nunes@unimontes.br

Contribuição: Conceituação, Investigação, Metodologia, Recursos, Supervisão, Validação, Escrita – revisão e edição

Como citar este artigo

Veloso, C. P. J.; Figueiredo, J. C. G.; Mota, N. M.; Luz, G. R.; Azevedo, I. F. P.; Fernandes, G. W.; Nunes, Y. R. F. Efeito da profundidade, estacionalidade e luminosidade no banco de sementes do solo de campo rupestre. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 880-901, 2022. DOI 10.5902/1980509863100. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509863100>.