



**Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no
Semiárido**

**DINÂMICA DA COMUNIDADE DE PLANTAS DANINHAS E VARIABILIDADE ESPACIAL DE
ATRIBUTOS DO SOLO NO CULTIVO DE CACAUEIRO NO SEMIÁRIDO**

BÁRBARA PANICALI AULER SALLES

2021

BÁRBARA PANICALI AULER SALLES

**DINÂMICA DA COMUNIDADE DE PLANTAS
DANINHAS E VARIABILIDADE ESPACIAL DE
ATRIBUTOS DO SOLO NO CULTIVO DE CACAUEIRO
NO SEMIÁRIDO**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutora.

Orientador
Prof. Dr. Ignacio Aspiazú

JANAÚBA-MG

2021

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

Salles, Bárbara Panicali Auler

S168d Dinâmica da comunidade de plantas daninhas e
variabilidade espacial de atributos do solo no cultivo de
cacaueiro no semiárido [manuscrito] / Bárbara Panicali Auler
Salles – 2021.
81 p.

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de
Montes Claros – Janaúba, 2021.

Orientador: Prof. D. Sc. Ignácio Aspiazú.

1. Cacaueiro. 2. Cacaueiro Doenças e pragas. 3. Plantas
daninhas. 4. Regiões áridas. I. Aspiazú, Ignácio. II.
Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 633.74

Catálogo: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Universidade Estadual de Montes Claros

Mestrado e Doutorado em Produção Vegetal no Semiárido

Aprovação - UNIMONTES/PRPG/PPGPVS - 2021

Montes Claros, 14 de setembro de 2021.

BÁRBARA PANICALI AULER SALLES

DINÂMICA DA COMUNIDADE DE PLANTAS DANINHAS E VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS DO SOLO NO CULTIVO DE CACAUEIRO NO SEMIÁRIDO

Tese apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 27 de agosto de 2021.

Eu, Ignacio Aspiazú, subscrito abaixo, orientador da Sra. BÁRBARA PANICALI AULER SALLES, declaro que este trabalho de conclusão foi aprovado na data acima indicada, pela Comissão Julgadora abaixo nomeada. Declaro também que as assinaturas digitalizadas são autênticas, conforme a Lei 13726, de 8 de outubro de 2018.

Prof. Dr. Ignacio Aspiazú
Unimontes (Orientador)

Prof. Dr. Marlon Cristian Toledo Pereira
Unimontes (Coorientador)

Prof. Dr. Evander Alves Ferreira
UFMG (Conselheiro)

Prof. Dr. Siumar Pedro Tironi
UFFS (Conselheiro)

Prof. Dr. Leandro Galon
UFFS (Conselheiro)



Documento assinado eletronicamente por **Ignacio Aspiazu, Professor(a)**, em 14/09/2021, às 11:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **35177545** e o código CRC **B72BD3E1**.

Ao meu querido esposo, Victor, e aos meus amados filhos, Heitor e Pietra, que me proporcionaram apoio e amor incondicional.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter guiado e iluminado meus caminhos e permitir a conclusão de mais essa etapa;

À Universidade Estadual de Montes Claros, por conceder seu espaço para a realização dos trabalhos e, principalmente, pela oportunidade de realização do curso de agronomia, mestrado e doutorado;

À Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), pela parceria para realização do estudo;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pela concessão da bolsa de doutorado e pelo apoio financeiro, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas;

Ao professor Ignácio Aspiazú, pelo apoio, convívio, paciência, ensinamentos e orientação ao longo do doutorado;

Ao Professor Victor Martins Maia, pelo apoio, ensinamento, paciência, dedicação na condução do experimento e pelos conhecimentos transmitidos;

Aos demais membros da banca: os Professores Evander Ferreira, Marlon Toledo, Siumar Tironi e Leandro Galon, pelas sugestões apresentadas e disponibilidade;

Aos engenheiros agrônomos: Renato Mendes, Daniel Soares, Thaisa Neres pela contribuição na condução dos trabalhos;

À minha família, em especial ao meu esposo Victor e meus filhos Heitor e Pietrapelo apoio e amor incondicional;

Ao coordenador do Campus Janaúba: Gevaldo Barbosa;

Aos funcionários da fazenda experimental da UNIMONTES: Romilson, e José Antônio;

A todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

Muito obrigada!

Sumário

RESUMO GERAL	i
GENERAL ABSTRACT	ivv
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
CAPÍTULO 1	5
Dinâmica da comunidade de plantas daninhas ao longo do tempo no cacaueiro utilizado a pleno sol em região semiárida.....	5
Introdução	8
Material e métodos	10
Resultados e discussão	12
Conclusões	22
Agradecimentos	22
Referências bibliográficas	23
CAPÍTULO 2	30
Ecologia de comunidade de plantas daninhas em cultivo de cacaueiro em região semiárida.....	30
Introdução	33
Material e métodos	34
Resultados e discussão	37
Conclusões	45
Agradecimentos	45
Referências bibliográficas	45
CAPÍTULO 3	544
Variabilidade espacial de atributos do solo em área de cacau a pleno sol em região semiárida	Erro! Indicador não definido.
Introdução	57
Material e métodos	58
Resultados e discussão	61
Conclusões	79
Agradecimentos	79
Referências bibliográficas	79
CONCLUSÃO GERAL	81

RESUMO GERAL

SALLES, Bárbara Panicali Auler. **Dinâmica da comunidade de plantas daninhas e variabilidade espacial de atributos do solo no cultivo de cacau no semiárido**. 2021. 86 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal no Semiárido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba - MG¹.

O cultivo do cacau se restringe normalmente às regiões tropicais úmidas. Porém, em razão da ocorrência de doenças de difícil controle, existe a tendência de migração das lavouras para regiões mais secas dos trópicos a fim de possibilitar o escape dos principais problemas fitossanitários. Ao mesmo tempo, estes novos cultivos têm adotado tecnologias que normalmente não são utilizadas nas regiões tradicionais. Porém, existem vários fatores que podem interferir negativamente na produtividade do cacau, considerando este novo modelo de produção, como a ocorrência de plantas daninhas e a fertilidade do solo. Desta forma, objetivou-se com o presente estudo identificar a dinâmica e a variabilidade espacial da comunidade infestante de plantas daninhas e a variação dos atributos do solo em área de cacau cultivado a pleno sol em região de clima semiárido. A coleta das plantas daninhas foi realizada em quatro épocas com intervalo de aproximadamente seis meses, em parcelas que consistiram em oito clones de cacau com delineamento de blocos casualizados e trêsrepetições. Para a avaliação dos atributos do solo,

¹**Comitê orientador:** Prof. Dr. Ignácio Aspiazú – UNIMONTES (Orientador); Prof.Dr. Victor Martins Maia – UNIMONTES (Coorientador); Prof. Dr. Evander Alves Ferreira – UFMG (Conselheiro); Prof. Dr. Siumar Pedro Tironi – UFSS (Conselheiro); Prof. Dr. Leandro Galon- UFSS (Conselheiro).

utilizou-se delineamento experimental de blocos casualizados em parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas consistiram em oito clones de cacaueteiro e as subparcelas corresponderam a três épocas de avaliação. Cada ponto coletado foi georreferenciado, como forma de demarcar a área de estudo e elaborar os mapas de distribuição de plantas daninhas e os de fertilidade do solo por meio de ferramentas geoestatísticas. A partir da identificação e contagem das espécies, foram calculadas as variáveis fitossociológicas. Foram coletadas amostras compostas de solos em cada parcela nas profundidades de 0-0,2 e 0,2-0,4 m. Além das análises descritiva e faunística da comunidade de plantas daninhas e análise multivariada dos atributos do solo, também se determinou a variabilidade espacial. Para isto, considerou-se a teoria das variáveis regionalizadas, a qual dispõe de diferentes métodos de análise de variação espacial, e uma delas é o semivariograma. Em seguida foi realizada a predição de cada atributo em zonas não amostradas por meio de interpolações mediante o uso da krigagem, representados em mapas de contorno. A correlação entre as variáveis fitossociológicas e os atributos de solo foi realizada apenas nas épocas de avaliação coincidentes, utilizando o software R. A comunidade infestante de plantas daninhas encontrada no cacaueteiro cultivado a pleno sol na região semiárida é composta por espécies, em sua maioria, pertencentes às famílias Poaceae, Euphorbiaceae e Amaranthaceae. A espécie *Eleusine indica* tem maior índice de valor de importância e de cobertura na maioria das épocas avaliadas ao longo do crescimento do cacaueteiro. A área estudada tem comunidade de plantas daninhas com média diversidade e tendência de desequilíbrio. A espécie *E. indica* é a de maior importância na comunidade de plantas daninhas no cultivo de cacaueteiro a pleno sol e

irrigado, em região de clima semiárido. As épocas com maior similaridade na composição de plantas daninhas foram Dezembro/2017 e Julho/2018. Ocorre variabilidade espacial dos atributos físicos do solo e variabilidade espacial e temporal dos atributos de fertilidade na cultura do cacaueteiro a pleno sol em região de clima semiárido. As recomendações de adubação e práticas culturais podem ser realizadas de forma regionalizada, baseadas nos mapas de variabilidade espacial gerados.

Termos para indexação: *Theobroma cacao*; fitossociologia; atributos de solo; agricultura de precisão; krigagem.

GENERAL ABSTRACT

SALLES, Bárbara Panicali Auler. **Dynamics of the weed community and spatial variability of soil attributes in cocoa cultivation in the semiarid region.** 2021. 86 f. Thesis (Doctor's Degree in Plant Production in Semiarid) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG².

Cocoa cultivation is normally restricted to humid tropical regions. However, due to the occurrence of diseases that are difficult to control, there is a tendency for crops to migrate to drier regions of the tropics in order to escape the main phytosanitary problems. At the same time, these new crops have adopted technologies that are not normally used in traditional regions. However, there are several factors that can negatively affect cocoa productivity, considering this new production model, such as the occurrence of weeds and soil fertility. Thus, the aim of this study was to identify the dynamics and spatial variability of the weed community and the variation of soil attributes in an area withcocoaplants cultivated in full sun in a region with semiarid climate. Weed collection was carried out in fourperiods with an interval of approximately sixmonths, in plots consisting of eight cocoa clones, in a randomized block design with threereplications. For the evaluation of soil attributes, the design was randomized blocks in split plots, with three replications. The plots consisted of eight cocoa clones and the subplots corresponded to threevaluation times. Each collected point was georeferenced, to demarcate the study area and prepare weed distribution maps and soil

²**Guidance committee:** Prof. Dr. Ignácio Aspiazú - UNIMONTES (Advisor); Prof. Dr. Victor Martins Maia- UNIMONTES (Co-advisor); Prof. Dr. Evander Alves Ferreira- UFMG (Counselor); Prof. Dr. Siumar Pedro Tironi– UFSS (Counselor); Prof. Dr. Leandro Galon - UFSS (Counselor).

fertility maps using geostatistical tools. From the identification and counting of the species, the phytosociological variables were calculated. Composite soil samples were collected in each plot at depths of 0-0.2 and 0.2-0.4 m. In addition to descriptive and faunal analysis of the weed community and multivariate analysis of soil attributes, spatial variability was also determined. For this, the theory of regionalized variables was considered, which has different methods for analyzing spatial variation, and one of them is the semivariogram. Then, the prediction of each attribute in non-sampled areas was performed through interpolations through the use of kriging, represented in contour maps. The correlation between the phytosociological variables and the soil attributes was carried out only at the coincident evaluation times, using the R software. The weed community found in cocoa plants cultivated in full sun in the semiarid region is composed of species mostly belonging to the families Poaceae, Euphorbiaceae and Amaranthaceae. *Eleusine indica* has a higher index of importance and coverage value in most periods evaluated during cacao growth. The studied area has a weed community with medium diversity and a tendency to unbalance. The species *E. indica* is the most important in the weed community. The periods with the greatest similarity in weed composition were December/2017 and July/2018. There is spatial variability of soil physical attributes and spatial and temporal variability of fertility attributes in the cocoa crop under full sun in a semiarid climate region. Fertilizer recommendations and cultural practices can be made regionally based on the generated spatial variability maps.

Index terms: *Theobroma cacao*; phytosociology; soil attributes; precision agriculture; kriging.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O cacau (*Theobromacacao L.*) é uma planta tolerante à sombra, de porte arbóreo e perene, alógama, caulífiora, dicotiledônea, pertencente à família Malvaceae, cujo centro de origem é a América do Sul (Amazônia e Guiana) (Alverson et al., 1999; Motamayor et al., 2002). A maioria das variedades pertence a três grupos: Crioulo, Forasteiro e Trinitário, que variam de acordo com a morfologia, origens genéticas e geográficas (Bartley, 2005). É uma planta típica de regiões de clima tropical úmido, com elevado consumo hídrico e sensibilidade à falta de umidade do solo e à períodos prolongados de seca (Cadima, 1971; Wood e Lass, 2001).

A produção mundial de cacau correspondeu a aproximadamente 5,0 milhões de toneladas em 2020 (ICCO, 2021). O Brasil foi o sétimo maior produtor no ano de 2020 com produção de 180.000 toneladas de amêndoas secas, sendo que os cultivos são predominantes em áreas sombreadas e com alta temperatura e umidade relativa (trópicos úmidos). Apesar da redução na produtividade, o que se tem observado no Brasil e no mundo é que há uma demanda crescente pela produção de cacau, em especial devido ao aumento no consumo de chocolate.

Existem vários fatores que podem interferir negativamente na produtividade de cacau, e uma das grandes preocupações da agricultura está voltada para os prejuízos causados pela interferência de plantas daninhas na lavoura (COSTA DE VASCONCELOS et al., 2012).

As plantas daninhas necessitam para seu desenvolvimento dos mesmos recursos exigidos pela cultura, ou seja, água, luz, nutriente e espaço, estabelecendo um processo competitivo quando cultura e plantas daninhas se desenvolvem em um mesmo local (PITELLI, 1985; SILVA E SOUSA, 2002).

É importante e necessária a identificação das espécies de plantas daninhas, pois cada uma apresenta potencial de estabelecer-se na área e sua agressividade pode interferir de forma diferenciada entre as culturas (CRUZ et al., 2009).

A fitossociologia é o estudo das comunidades vegetais do ponto de vista florístico e estrutural (BRAUN-BLANQUET, 1979). A comunidade de plantas daninhas infestante de uma determinada área resulta de causas atuais, como clima, solo, manejo

da área e ação da fauna. Os indivíduos da mesma espécie (que podem reagir diferentemente a essas causas) compõem uma população, e esses grupos quando ocorrem juntos caracterizam uma comunidade. As comunidades podem diferenciar-se, dependendo das interações das espécies com o meio abiótico (Martins & Santos, 1999). As populações variam em termos de fluxos de emergência, índice de mortalidade, taxas de crescimento absoluto, resistência a herbicidas, manejo da área e duração do ciclo de desenvolvimento.

O levantamento fitossociológico torna-se importante no manejo de plantas daninhas infestantes, uma vez que, a partir desse, se pode definir o que será feito, como e quando.

Segundo Neves et al. (2009), a ciência de plantas daninhas tem focado muito na fisiologia e aspectos agrônômicos, deixando de lado a ecologia como ferramenta elaborar estratégias mais eficientes de manejo de plantas daninhas.

O conhecimento em ecologia de plantas daninhas não permite previsões conclusivas quanto aos padrões de coocorrência de espécies, pois algumas estruturas compartilhadas pelas plantas daninhas demonstram uma estrutura de ocorrência aleatória nas comunidades (Petit e Fried, 2012).

Detectar os padrões de coocorrência de espécies está entre as principais tarefas da ecologia de comunidades vegetais, entretanto poucos estudos tratam da co-ocorrência de espécies (Fanfarillo et al., 2020). Os dados de coocorrência são úteis para definir a diversidade de habitats ou lugar de nicho de espécies (Fridley et al., 2007; Pannek, Manthey e Diekmann, 2016).

Outros fatores que também afetam a produtividade e qualidade das amêndoas do cacaueteiro são a fertilidade e textura do solo. A cultura do cacaueteiro demanda apropriadas condições químicas e físicas do solo. Os atributos desejáveis dos solos recomendados para o cultivo do cacaueteiro são: profundidade efetiva do solo maior que 100 cm e drenagem boa a moderada. Os solos de textura média a argilosa (teor de argila variando de 20 a 40% no horizonte A e de 30 a 65% no horizonte B), e ricos em matéria orgânica são os mais indicados para esta cultura. A faixa de pH entre 5,5 e 6,5 é considerada adequada para o cultivo do cacaueteiro (Chepote et al., 2012).

No entanto, ainda há carência de informações sobre o cultivo do cacaueteiro para as condições de clima e solo do semiárido e suas diversas variações, o que poderá

ocasionar a adoção do manejo da cultura sem conhecimento técnico da fenologia da planta.

Desta forma, objetivou-se com o presente estudo identificar a dinâmica e a variabilidade espacial da comunidade infestante de plantas daninhas em área de cacau cultivado a pleno sol em região de clima semiárido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVERSON, W.S.; WHITLOCK, B.A.; NYFFELER, R.; BAYER, C.; BAUM, D.A. 1999. Phylogeny of the core Malvales: evidence from ndhF sequence data. *American Journal of Botany*. 86:1474-1486.

BARTLEY, B.G.D. *The genetic diversity of cacao and its utilization*. CABI Publishing, Wallingford, UK. 2005.

BRAUN-BLANQUET, V. *Fitosociología, bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Madrid: H. Blume, 1979. 820 p.

CADIMA, Z.A. Efeito da água subterrânea sobre a produção de cacau. *Revista Cacau Atualidades*, 8: 8-10. 1971.

FANFARRILLO, E.; LATINI, M.; ABBATE, G. Patterns of Co-occurrence of Rare and Threatened Species in Winter Arable Plant Communities of Italy. *Diversity*, 12(5), 195. 2020.

FRIDLEY, J.D., VANDERMAST, D.B., KUPPINGER, D.M., MANTHEY, M. e PEET, R.K. Co-occurrence based assessment of habitat generalists and specialists: a new approach for the measurement of niche width. *Journal of Ecology*, 95(4), 707–722. 2007.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2019. Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em:

ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_mensal. Acesso em 23 de janeiro de 2019.]

ICCO - ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CACAU. 2019. Boletim Trimestral da ICCO de Estatísticas do Cacau vol. XLIV, No. 4. Disponível em <https://www.icco.org>. Acesso em 15 de Julho de 2021.

MARTINS, F. R.; SANTOS, F. A. M. Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade. *R. Holos*, v. 1, p. 236-267, 1999.

NEVE, P.; VILA-AIUB, M.; e ROUX, F. Evolutionary-thinking in agricultural weed management. *New Phytologist*, 184(4), 783–793. 2009.

PANNEK, A.; MANTHEY, M.; e DIEKMMAN, M. (2016) Comparing resource-based and co-occurrence-based methods for estimating species niche breadth. *Journal of Vegetation Science*, 27(3), 596–605.

PETIT, S. e FRIED, G. (2012) Patterns of weed co-occurrence at the field and landscape level. *Journal of Vegetation Science*, 23(6), 1137–1147.

PITELLI, R.A. Competição e Controle das Plantas Daninhas em Áreas Agrícolas. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.4, n.12, p.1 – 24, set.1987

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46

CAPÍTULO 1

Dinâmica da comunidade de plantas infestantes ao longo do tempo do cacaueiro cultivado a pleno sol em região semiárida

(Artigo formatado de acordo com as normas da Revista Brasileira de Fruticultura)

47 **Dinâmica da comunidade de plantas infestantes ao longo do tempo do**
48 **cacaueiro cultivado a pleno sol em região semiárida**

49
50 **Resumo** - A interferência das plantas daninhas em competição com a cultura pode
51 ocasionar prejuízos significativos à produção. A base para a elaboração de uma proposta
52 de controle é o conhecimento da diversidade de plantas daninhas que ocorrem nas áreas
53 de cultivo. Objetivou-se neste trabalho identificar a dinâmica da comunidade infestante
54 de plantas daninhas ao longo do tempo no cacaueiro cultivado a pleno sol em região
55 semiárida. A coleta das plantas daninhas foi realizada nos meses de julho e dezembro,
56 nos anos de 2017, 2018 e 2019. Estas coletas foram realizadas em 48 pontos de
57 amostragem em área que consistiram em oito clones de cacaueiro cultivados, a pleno
58 sol, no espaçamento de 3,0 x 2,0 m. A comunidade infestante de plantas daninhas
59 encontrada no cultivo do cacaueiro irrigado cultivado a pleno sol em região semiárida é
60 composta por espécies, em sua grande maioria, pertencentes às famílias *Poaceae*,
61 *Euphorbiaceae* e *Amaranthaceae*. A maior diversidade de espécies de plantas daninhas
62 é encontrada em dezembro/2019. A espécie *Eleusine indica* esteve presente em todo o
63 desenvolvimento da cultura e apresentou maior índice de valor de importância e
64 cobertura na maioria das épocas avaliadas ao longo do crescimento do cacaueiro.

65
66 **Termos para indexação:** *Theobromacacao*, levantamento fitossociológico; índice de
67 valor de importância, índice de valor de cobertura.

80 **Dynamics of the weed community over time in cocoa grown under full sun in**
81 **a semiarid region**

82

83 **Abstract** -The interference of weeds in competition with the crop can cause significant
84 losses to production. The basis for the elaboration of a control proposal is the
85 knowledge of the diversity of weeds that occur in the cultivated areas. The objective of
86 this work was to identify the dynamics of the weed weed community over time in cacao
87 grown under full sun in a semiarid region. Weed collection was carried out in the
88 months of July and December, in the years 2017, 2018 and 2019. These collections
89 were carried out at 48 sampling points in an area consisting of eight cocoa clones
90 cultivated in full sunlight, in the spacing of 3.0 x 2.0 m. The weed weed community
91 found in the cultivation of irrigated cacao cultivated in full sun in a semiarid region is
92 composed of species, in its great majority, belonging to the families Poaceae,
93 Euphorbiaceae and Amaranthaceae. The greatest diversity of weed species is found in
94 December/2019. The Eleusine indica species was present throughout the development
95 of the culture and presented the highest importance and coverage value index in most of
96 the periods evaluated along the cacao growth.

97

98 **Index terms:** *Theobroma cacao* L., phytosociological survey, importance value index,
99 cover value index.

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111 **Introdução**

112

113 O cacau é originário das regiões tropicais da América do Sul, sendo que, o Brasil
114 adaptou-se ao clima e solos do Sul da Bahia, constituindo-se num dos pilares
115 fundamentais para o enriquecimento de produtores, contribuindo em muito para o
116 desenvolvimento regional (CUENCA e NAZARIO, 2004).

117 A produção mundial de cacau correspondeu a 5,0 milhões de toneladas em 2020,
118 sendo o Brasil, com produção de 180.000 toneladas de amêndoas secas (ICCO, 2021)

119 O sistema tradicional de produção de cacauzeiros adotado em diversas partes do
120 mundo é o agroflorestal ou de consórcio (SODRÉ e LEITE, 2018). Esses sistemas são
121 considerados como os de maior potencial de conservação da biodiversidade (ROLIM et
122 al. 2017). Contudo, é um sistema que apresenta baixas produtividades, com média
123 mundial de 520 kg ha⁻¹. Na Bahia, principal região produtora de cacau do Brasil, a
124 produtividade atualmente é de 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ e no auge da produção brasileira, na
125 década de 70, foi de 700 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (LEITE et al. 2012).

126 Os sistemas de cultivo a pleno sol e irrigados apresentam altas produtividades e
127 são característicos de cultivos empresariais. Nestas áreas são utilizados clones
128 autocompatíveis e as mudas são produzidas por enraizamento de estacas de ramos
129 plagiotrópicos ou por enxertia em porta-enxerto seminal (SODRÉ, 2017). As plantas
130 não são mantidas sob vegetação nativa ou em consórcio com frutíferas, e sim em
131 completa exposição à radiação solar. Assim é possível a adoção de maiores densidades
132 de plantas, bem como o uso de materiais genéticos adaptados. Há também a
133 possibilidade de aumento no uso da mecanização das atividades de manejo na área
134 como pulverizações, roçadas, adubações e podas.

135 As plantas daninhas competem com as culturas agrícolas por água, luz e
136 nutrientes, e podem liberar substâncias alelopáticas, que inibem o crescimento da
137 cultura (ZANATTA et al. 2006; GHANIZADEH et al. 2014). Além disso, são
138 hospedeiras de pragas e doenças, dificultando assim, os tratos culturais e a colheita, e
139 ainda, podem prejudicar a qualidade do produto comercializável (SILVA et al. 2007).

140 A competição é descrita como interação planta-planta, em que há limitação de
141 algum recurso ambiental exigido para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

142 Portanto, a competição somente vai ocorrer quando ao menos um recurso estiver
143 limitado no meio (CARVALHO, 2013)

144 A competição com plantas daninhas é uma das principais restrições à produção
145 de alimentos em sistemas agrícolas, tendo como principal impacto reduzir os
146 rendimentos das culturas (RENTON e CHAUHAN, 2017).

147 A interferência pode ser entendida como “o conjunto de ações negativas que
148 recebe determinado cultivo agrícola, em decorrência da presença de plantas daninhas
149 em determinado ambiente” (PITELLI, 1987). O grau de interferência de plantas
150 daninhas depende da comunidade infestante, do ambiente, do período e da época da
151 convivência da cultura com as plantas daninhas. Neste sentido, é essencial identificar as
152 espécies presentes nas áreas de cultivo e determinar os principais períodos de
153 interferência, indicando o momento adequado para realizar o controle nas lavouras
154 (RENTON e CHAUHAN, 2017).

155 Em sistemas de cultivo a pleno sol e irrigado, provavelmente, há uma maior
156 germinação de plantas daninhas das espécies fotoblásticas positivas, em consequência
157 da maior incidência de luminosidade, associada à boa disponibilidade de água no solo.

158 A base para a elaboração de uma proposta de controle é o conhecimento da
159 diversidade de plantas daninhas que ocorrem nas áreas de cultivo. Em um levantamento,
160 além da identificação das espécies de plantas daninhas, há também a necessidade da
161 análise quantitativa dessas espécies, que se denomina de estudo ou método
162 fitossociológico (BRAUN-BLANQUET, 1979). Este método fornece dados específicos
163 das espécies presentes, como frequência, densidade e abundância, e também a sua
164 relação com a população total de infestantes. Esta ferramenta permite fazer várias
165 inferências sobre a flora daninha em questão para que se possa definir a correta
166 estratégia de manejo.

167 O controle químico é a principal ferramenta para o manejo de plantas daninhas
168 no cultivo de plantas cultivadas. Entretanto é nítido um aumento da incidência de
169 resistência e infestação das plantas daninhas, e a remoção regulatória de produtos
170 tornam cada vez menores as opções disponíveis (COLEMAN et al. 2019; VALVERDE
171 e CHAVES, 2020).

172 Para se estabelecer métodos adequados de controle, é importante que sejam
173 efetuados levantamentos e a identificação das plantas daninhas presentes, pois um
174 mesmo herbicida não apresenta espectro de ação suficiente para controlar todas as
175 espécies existentes na área a ser cultivada (BRIGHENTI et al. 2003).

176 Dessa forma, as diversas operações e principalmente o controle de plantas
177 daninhas deve ser realizado com rapidez e eficiência. Porém, existe a falta de
178 informações sobre o controle de plantas daninhas em região semiárida, e também, a
179 escassez de estudos sobre a competição dessas plantas com o cacaueteiro a pleno sol. Em
180 função destes problemas é que se torna importante identificar e caracterizar a ocorrência
181 de plantas daninhas em agroecossistemas da cacauicultura.

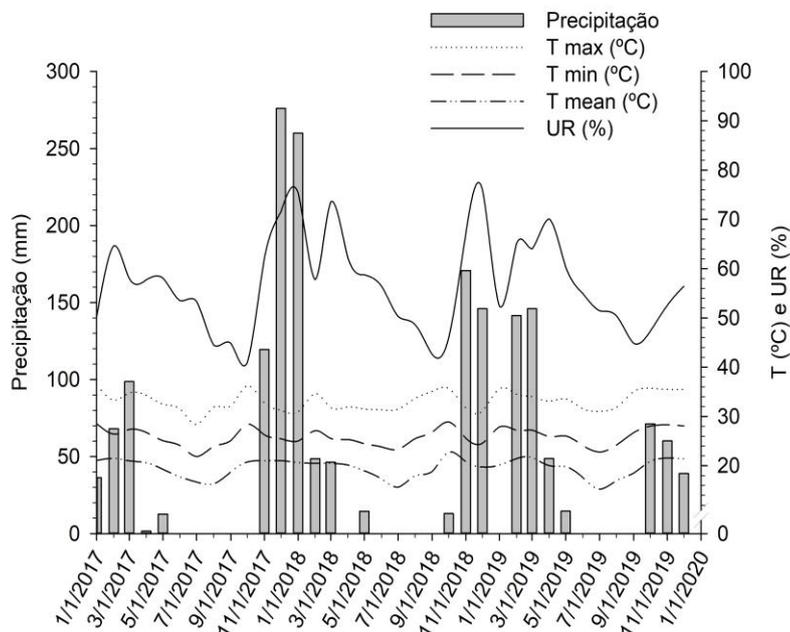
182 Diante do exposto, objetivou-se identificar a dinâmica da comunidade infestante
183 de plantas daninhas ao longo do tempo no cacaueteiro cultivado a pleno sol em região
184 semiárida.

185

186 **Material e métodos**

187

188 O experimento foi instalado na área experimental localizada no município de
189 Janaúba, MG, sob as coordenadas geográficas de 15°43'48''S, 43°19'23''W e altitude
190 de 533 m. O clima da região é do tipo "Aw" (tropical chuvoso, savana com inverno
191 seco). As condições climáticas observadas durante o período de condução do **trabalho**
192 foram obtidas a partir de estação climatológica localizada no município de Nova
193 Porteirinha, MG, distante 8 km do **experimento** (Figura 1).



194

195 **Figura 1** – Precipitação, temperaturas mínima, máxima e média e umidade relativa ocorrida durante a
196 condução do experimento, Janaúba, MG.

197

198

199 Na área experimental da estação, foram estudadas e identificadas as plantas
200 daninhas em 0,25 ha, totalizando 196 plantas, que foi iniciado no ano de 2017, em
201 cacauzeiros implantados com sombreamento provisório de bananeira (*Musa* spp), a qual
202 foi retirada quando o cacauzeiro atingiu 2 anos de idade. A partir daí, o cacauzeiro foi
203 conduzido á pleno sol, no espaçamento de 3,0 x 2,0 m. Foram realizadas capinas
204 manuais ou com roçadeira costal ao longo do experimento, de acordo com as
205 recomendações técnicas. Entretanto, 60 dias antes das avaliações não era realizado
206 quaisquer tipos de controle das plantas daninhas.

207 A coleta das plantas daninhas foi realizada nos meses de julho/2017 (Época 1),
208 dezembro/2017 (Época 2), julho/2018 (Época 3), dezembro/2018 (Época 4), julho/2019
209 (Época 5) e dezembro/2019 (Época 6). Estas coletas foram realizadas em área com oito
210 clones de cacauzeiro (SJ 02, CEPEC 2002, CEPEC 2005, CEPEC 2006, PS 1319,
211 Ipiranga, PH 16 e CCN 51), totalizando 48 pontos de amostragem. A irrigação foi
212 realizada por microaspersão, sendo os emissores espaçados em 6,0 x 2,0 m.

213 O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO
214 Eutrófico (L Ve) de textura média/argilosa (EMBRAPA, 2006), sendo um solo poroso e
215 com boa retenção de água no solo (SANTOS et al. 2018), o qual foi manejado e
216 adubado previamente para atender as demandas da cultura da bananeira, bem como
217 durante o desenvolvimento do cacauzeiro.

218 Para a coleta de plantas daninhas, foi utilizado como unidade amostral, um
219 quadrado com dimensões 0,25 x 0,25 m (0,125 m²), lançado uma vez, aleatoriamente na
220 área útil de cada parcela (método do quadrado inventário), posteriormente se efetuou a
221 coleta de todas as plantas presentes na área, conforme descrito por Braun-Blanquet
222 (1979); Curtis e McIntosh (1950); Odum (1971).

223 Em seguida, as amostras de cada espécie foram acondicionadas em sacos de
224 papel postas em estufa de circulação forçada de ar á temperatura de 65 °C até massa
225 constante, por cerca de 72 horas, para posterior determinação de massa da seca em
226 balança de precisão, sendo o resultado expresso em gramas.

227 Foi determinado o número de indivíduos por espécie em cada parcela e o
228 número total por coleta. A partir da identificação e contagem das espécies, efetuou-se os
229 cálculos e análise descritiva das seguintes variáveis fitossociológicas: frequência (FR),
230 densidade (DE), abundância (AB), frequência relativa (FRR), densidade relativa (DER),
231 abundância relativa (ABR), dominância relativa (DOR); índice de valor de importância

232 (IVI) e índice de valor de cobertura (IVC) (BRAUN-BLANQUET, 1979; BRANDÃO
233 et al. 1998; LARA et al. 2003; BRIGHENTI et al. 2003; TUFFI SANTOS et al. 2004).

234 Os índices relativos foram utilizados para o cálculo dos índices de valor de
235 importância expressos em forma de constante. Para realização dos cálculos, foram
236 utilizadas as seguintes fórmulas:

237 $FR = n^{\circ} \text{ de quadrados que contém a espécie} / n^{\circ} \text{ total de quadrados obtidos.}$

238 $FRR = F \text{ da espécie} * 100 / \text{Frequência total das espécies}$

239 $D = n^{\circ} \text{ total de indivíduos por espécie} / \text{Área total ocupada pelos quadrados.}$

240 $Dr = D \text{ da espécie} * 100 / \text{Densidade total das espécies}$

241 $Ab = n^{\circ} \text{ total de indivíduos por espécie} / n^{\circ} \text{ total de quadrados que contém a}$
242 espécie.

243 $Ar = A \text{ da espécie} * 100 / \text{Abundância total das espécies}$

244 $Dor = \text{biomassa da espécie} / \sum \text{ da biomassa total de todas as espécies} * 100.$

245 $IVI = Fr + Dr + Ar$

246 $IVC = \text{dominância relativa} + \text{densidade relativa}$

247 A partir destes dados também foi estimado o índice de similaridade das épocas
248 avaliadas conforme descrito por Odum (1985).

249 As descrições da família e dos gêneros das plantas daninhas foram elaboradas a
250 partir das principais obras de referência para cada táxon, considerando a circunscrição
251 da família configurada pelo APG III (2009).

252

253 **Resultados e discussão**

254

255 Ao longo do ciclo de crescimento da cultura do cacaueteiro, a comunidade
256 infestante obtida pelos levantamentos apresentou uma distribuição com 16 espécies e 08
257 famílias. Dentre as espécies, constatou-se uma população de **87,5%** de plantas
258 dicotiledôneas e **12,5%** monocotiledôneas (Tabela 1). Quanto tipo de metabolismo de
259 fixação do carbono fotossintético, ocorreu empate com 50% das plantas sendo **50%** sC_4
260 e **50%** C_3 .

261 Dentre as dicotiledôneas, destacaram-se as famílias *Euphorbiaceae* e
262 *Amaranthaceae* com **37,5%** das **espécies** identificadas. *Amaranthaceae*, com **37,5%**
263 das **espécies** identificadas. Dentre as plantas monocotiledôneas a família *Poaceae* se

264 destacou por ser a única, apresentando 5 espécies, o que equivaloua 31,25 % das
 265 plantas identificadas (Tabela 1).

266

267 **Tabela 1.** Classificação botânica e do sistema fotossintético de plantas daninhas, encontradas ao longo do
 268 cultivo do cacauzeiro à pleno sol em região de clima semiárido, Janaúba, MG

Família	Gênero	Espécie			Sistema fotossintético
		Nome científico	Nome comum	Classe	
Amaranthaceae	<i>Amaranthus</i>	<i>A. viridis</i>	Caruru		C ₄
	<i>Bidens</i>	<i>B. pilosa</i>	Picão-preto		C ₃
Asteraceae	<i>Emilia</i>	<i>E. sonchifolia</i>	Falsa serralha		C ₃
Cucurbitaceae	<i>Momordica</i>	<i>M. charantia</i>	Melão de São Caetano		C ₃
				Magnoliopsida	
Fabaceae	<i>Leucaena</i>	<i>L. leucocephala</i>	Leucena Erva de santa		C ₃
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i>	<i>E. irta</i>	Luzia		C ₃
	<i>Senna</i>	<i>S. obtusifolia</i>	Mata-pasto		C ₃
	<i>Euphorbia</i>	<i>heterophylla</i>	Leiteiro		C ₃
Malvaceae	<i>Phyllanthus</i>	<i>P. niruri</i>	Quebra-pedra		C ₃
	<i>Malva</i>	<i>M. sylvestris</i>	Malva branca Capim	Liliopsida	C ₃
	<i>Digitaria</i>	<i>D. insularis</i>	Amargoso		C ₄
	<i>Eleusine</i>	<i>E. indica</i>	Pé-de-galinha Capim Rabo de		C ₄
Poaceae	<i>Setaria</i>	<i>S. geniculata</i>	Raposa Capim	Magnoliopsida	C ₄
	<i>Sorghum</i>	<i>S. halopense</i>	Massambará Capim-		C ₄
	<i>Cenchrus</i>	<i>C. echinatus</i>	carrapicho		C ₄
Portulacaceae	<i>Portulaca</i>	<i>P. oleracea</i>	Beldroega		C ₄

269

270 Em levantamento realizado com o abacaxizeiro na região de Janaúba-MG foi
 271 identificado nove espécies, sete gêneros e seis famílias, destacando-se as,
 272 Euphorbiaceae e Poaceae com três e dois indivíduos, respectivamente (SARMENTO et
 273 al. 2017).

274 De acordo com Santos (2019), a comunidade infestante de plantas daninhas
 275 encontrada no cultivo do abacaxizeiro irrigado, nas condições de clima semiárido, foi
 276 composta por espécies, em sua grande maioria, pertencentes às famílias
 277 *Amaranthaceae*, *Asteraceae*, *Convolvulacea*, *Fabaceae*, *Malvaceae* e *Poaceae*.

278

279 Corroborando com os resultados obtidos neste trabalho, Silva Neto et al. (2007)
280 destacaram a presença da família *Poaceae* como uma das mais importantes na área
281 experimental de cultivo de cacaueteiro em sistemas agroflorestais na região do Pará,
282 apresentando frequência acima de 50%.

283 Em pomar de mangueira em produção, em Janaúba-MG, aos oito anos após
284 plantio, foram encontradas 17 espécies, pertencentes a 14 gêneros e oito famílias,
285 destacando-se a *Poaceae* com seis espécies, sendo a de maior número de indivíduos
286 (SENA et al. 2019).

287 O alto número de espécies e de famílias demonstra a grande diversidade
288 botânica da flora daninha com potencial para competir com o cacaueteiro. O clima
289 favorável, potencial produtivo do solo, correções de pH, nutrientes e tratos culturais são
290 fatores que podem influenciar a diversidade de espécies e o desenvolvimento das
291 plantas daninhas (MODEL e FRAVETO, 2009). Soma-se a estes fatores o uso da
292 irrigação, que permite a germinação e crescimento das espécies daninhas em todos os
293 meses do ano.

294 As famílias *Euphorbiaceae*, *Amaranthaceae* e *Poaceae* são comumente
295 encontradas em diversos estudos envolvendo a fitossociologia de com plantas daninhas
296 infestante de culturas, (NASCIMENTO et al. (2011); ALAMY et al. (2019); BATISTA
297 et al. (2016); SANTOS et al. (2019)), provavelmente certamente por apresentarem fácil
298 disseminação e colonização de em diferentes ambientes (PEDROTTI e GUARIM-
299 NETO, 1998).

300 Grande parte das espécies da família *Poaceae* é perene e produz grande
301 quantidade de sementes, o que aumenta consideravelmente o seu poder de disseminação
302 e a colonização de diversos tipos de ambientes, mesmo que as condições sejam adversas
303 (HOLM et al. 1977).

304 Constatou-se que houve aumento da massa seca da comunidade infestante de
305 plantas daninhas ao longo das épocas avaliadas. Houve uma exceção na 4ª época, cuja
306 massa seca foi de 113,26 g m⁻², ou seja, uma redução de 67,18% do período avaliado
307 anteriormente. A máxima massa seca acumulada (193,27 g m⁻²) da comunidade de
308 plantas daninhas foi obtida na última época de avaliação (Tabela 3; Figura 1). Isto
309 ocorre provavelmente pela maior adaptação e competição destas espécies em relação à
310 cultura do cacaueteiro.

311

312 As espécies de plantas daninhas podem ocasionar prejuízos a cultura competindo
313 pelos recursos indispensáveis ao desenvolvimento das plantas (água, luz e nutrientes),
314 especialmente na extração de nutrientes. Considerando o maior valor de massa seca
315 obtida na época 6 ($1.932,27 \text{ kg ha}^{-1} = 1,93227 \text{ t ha}^{-1}$) pode-se estimar que 29 kg de N
316 (1,5%), 3,5 kg de P (0,18%), 32,7 kg de K (1,69%), 8,7 kg de Ca (0,45%), 9,3 kg de Mg
317 (0,48%), 3,9 kg de S (0,20%) são extraídos do solo pelas espécies daninhas em
318 detrimento da cultura do cacau.

319 Estes valores foram estimados a partir do estudo realizado por Souza et al.
320 (1999) que avaliaram os teores de macro e micronutrientes e a relação C/N de várias
321 espécies de plantas daninhas das famílias *Commelinaceae*, *Poaceae*, *Cyperaceae*,
322 *Amaranthaceae*, *Composita*, *Convolvulaceae*, *Euphorbiaceae*, *Malvaceae*, *Rubiaceae*.

323 O acúmulo de massa seca da comunidade de plantas daninhas ao longo das
324 épocas de avaliação apresentou aumento em sua quantidade em função do tempo, com
325 exceção da época 4.

326 Durante o período de crescimento do cacauzeiro, as espécies que mais
327 apresentaram capacidade de fixação de carbono, em termos de massa seca, foram
328 *Eleusine indica*, *Amaranthusviridis* e *Bidens pilosa* (Tabela 3; Figura 2). As demais
329 espécies apresentaram menor número de indivíduos, bem como valores de massa seca
330 inferiores às citadas anteriormente. No entanto, esses valores podem ser considerados
331 representativos, uma vez que possivelmente com o aumento do número de indivíduos, a
332 capacidade de extração de recursos do solo tende a aumentar.

333 Durante o período de crescimento do cacauzeiro, as espécies que mais
334 apresentaram capacidade de fixação de carbono, em termos de matéria seca, foram
335 *Eleusine indica*, *Amaranthusviridis* e *Bidenspilosa* (Tabela 2; Figura 2). As demais
336 espécies apresentaram menor número de indivíduos, bem como valores de massa seca
337 inferiores às citadas anteriormente. No entanto, esses valores podem ser considerados
338 representativos, uma vez que possivelmente com o aumento do número de indivíduos, a
339 capacidade de extração de recursos do solo tende a aumentar.

340

341

342

343

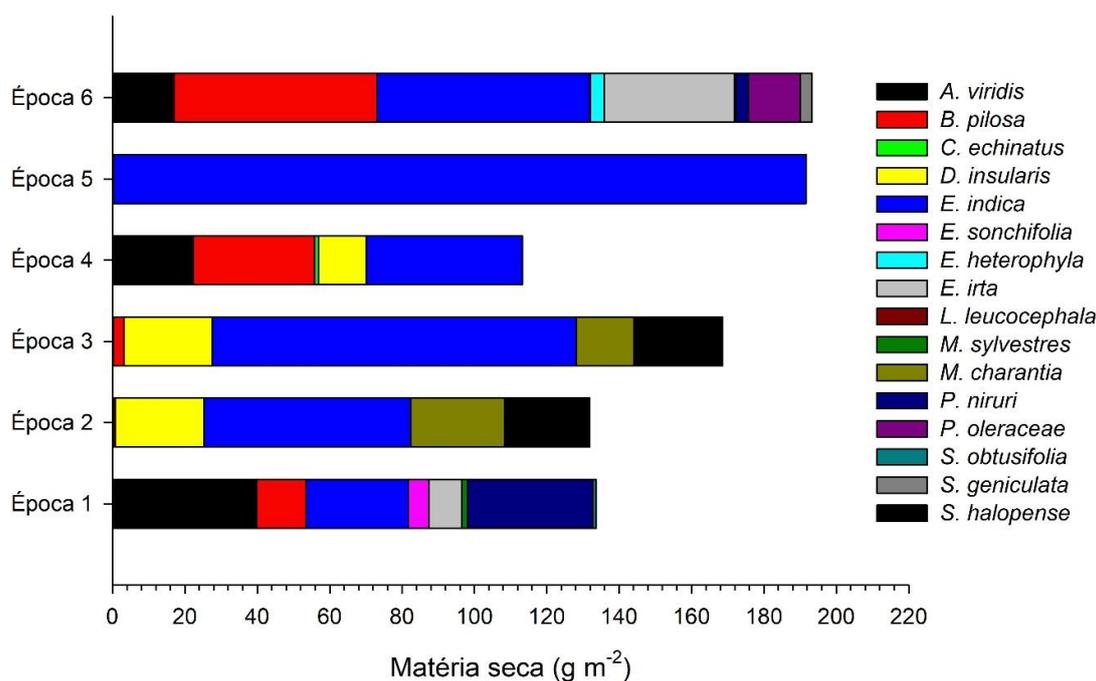
344

345

346 **Tabela 2.** Massa seca da parte aérea (MS) e número de indivíduos por espécie (NIE) de plantas daninhas
 347 encontradas ao longo do cultivo do cacaueteiro a pleno sol em região de clima semiárido, Janaúba, MG.

Épocas de coleta								
Época 1			Época 2			Época 3		
Planta daninha	MS	NIE	Planta daninha	MS	NIE	Planta daninha	MS	NIE
<i>Amaranthusviridis</i>	238,5	32	<i>B. pilosa</i>	4,9	1	<i>B. pilosa</i>	18,6	1
<i>B. pilosa</i>	81,9	12	<i>D. insularis</i>	146,9	3	<i>D. insularis</i>	146,9	3
<i>E. indica</i>	170,7	13	<i>E. indica</i>	342,5	8	<i>E. indica</i>	603,2	10
<i>E. sonchifolia</i>	33,8	8	<i>M. charantia</i>	156,2	4	<i>M.charantia</i>	96,1	3
<i>E. irta</i>	54,3	12	<i>P. niruri</i>	2,3	1	<i>P. niruri</i>	3,0	1
<i>M. sylvestres</i>	9,2	1	<i>S. halopense</i>	138,8	2	<i>S. halopense</i>	143,7	3
<i>P. niruri</i>	34,7	9						
<i>S. obtusifolia</i>	5,3	2						
Total de coletas	628,3	89		791,6	19		1011,5	21
Época 4			Época 5			Época 6		
Planta daninha	MS	NIE	Planta daninha	MS	NIE	Planta daninha	MS	NIE
<i>A. viridis</i>	133,8	4	<i>E. indica</i>	1150,1	12	<i>A. viridis</i>	101,8	8
<i>B. pilosa</i>	201,5	4				<i>B. pilosa</i>	336,1	12
<i>C. echinatus</i>	6,5	2				<i>E. indica</i>	353,8	7
<i>D. insularis</i>	78,6	3				<i>E. sonchifolia</i>	1,4	2
<i>E. indica</i>	259,2	7				<i>E. heterophylla</i>	21,9	5
						<i>E. irta</i>	216,6	16
						<i>L.leucocephala</i>	1,5	1
						<i>P. niruri</i>	21,6	1
						<i>P. oleraceae</i>	85,6	1
						<i>S. geniculata</i>	19,3	1
Total de coletas	679,6	20		1150,1	12		1159,6	54

348 *Épocas de coleta: julho/2017 (Época 1), dezembro/2017 (Época 2), julho/2018 (Época 3),
 349 dezembro/2018 (Época 4), julho/2019 (Época 5) e dezembro/2019 (Época 6)



350

351 **Figura 2.** Massa seca da comunidade infestante de plantas daninhas em função das 6 épocas de
 352 amostragem na cultura do cacauzeiro cultivado a pleno sol em região semiárida, Janaúba, MG. *Épocas de
 353 coleta: julho/2017 (Época 1), dezembro/2017 (Época 2), julho/2018 (Época 3), dezembro/2018 (Época 4),
 354 julho/2019 (Época 5) e dezembro/2019 (Época 6).

355

356 A espécie *Eleusine indica* é considerada cosmopolita e pouco exigente quanto ao
 357 tipo de solo, admitindo ampla faixa de pH. Destaca-se ainda por ter elevada habilidade
 358 competitiva e adaptada-se a muitas regiões do mundo, com capacidade de produzir até
 359 140 mil sementes por planta, sendo considerada por alguns autores como uma entre as
 360 18 espécies de plantas daninha mais agressivas (HOLM et al. 1977). Além disso,
 361 apresenta metabolismo de fixação de carbono C4, o qual caracteriza-se por maior
 362 adaptação a regiões de temperaturas elevadas, maior uso eficiente de água e razão de
 363 transpiração (HOLM et al. 1977; TAIZ et al. 2017).

364

365 A morfologia dos frutos de *Bidens pilosa* facilita sua propagação involuntária
 366 por homens, animais e vento. Como indicação da gravidade deste problema, nota-se que
 367 uma única planta isolada desta espécie daninha pode produzir mais de 30.000 sementes.
 368 Globalmente, há um número significativo de estudos focados nos efeitos da *B. pilosa*
 369 em ambientes de cultivo, sugerindo que ela está se tornando amplamente reconhecida
 370 como um grande impedimento à produção econômica de alimentos (CHAUHAN e
 JHONSON, 2008).

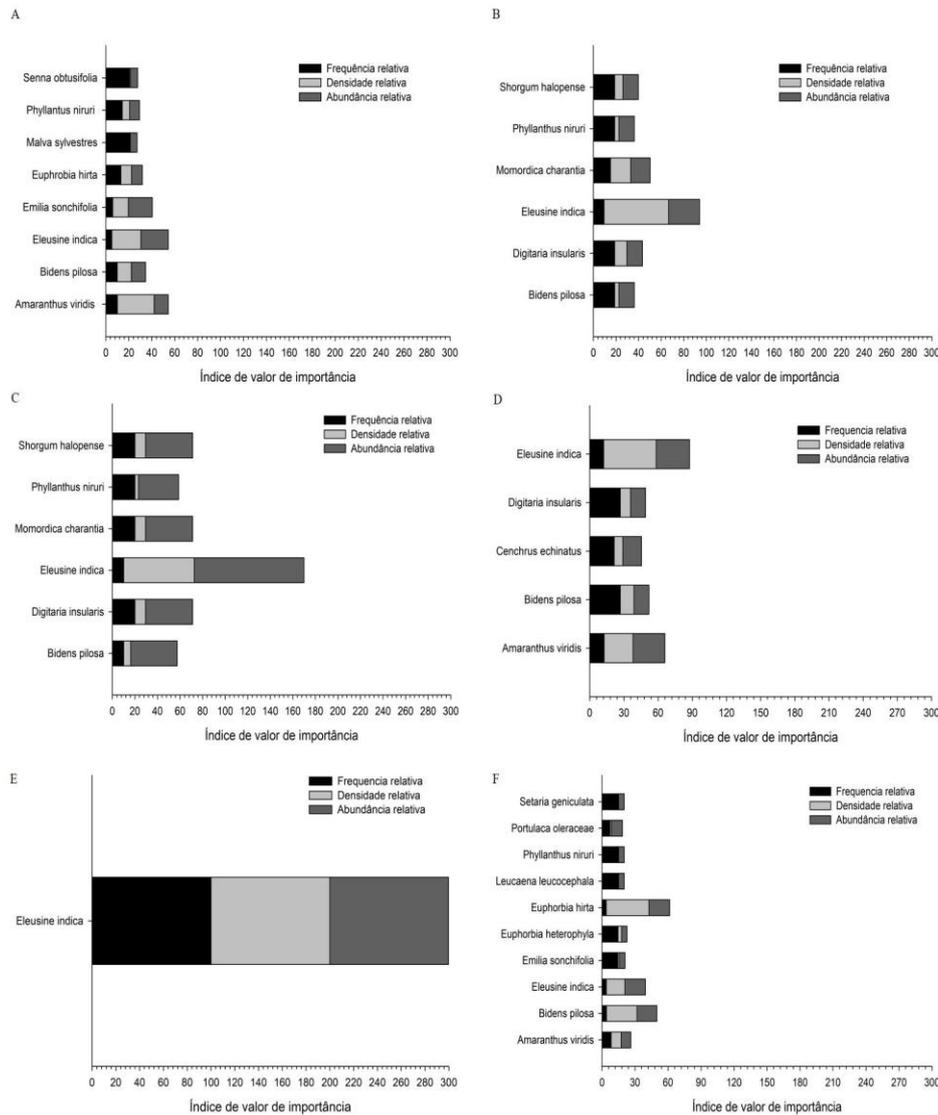
371 As espécies de *Amaranthus* spp (carurus) que infestam as culturas agrícolas no
372 Brasil são plantas anuais, reproduzidas exclusivamente por sementes. Em algumas
373 espécies, uma planta de grande porte pode produzir quantidades superiores a 20.000
374 sementes (KISMMAN e GROTH, 1999; LORENZI, 2000). Nas áreas agrícolas, os
375 carurus podem ser caracterizados como plantas de difícil manejo, devido ao extenso
376 período de germinação do banco de sementes, rápido crescimento e desenvolvimento,
377 elevada produção de sementes viáveis, longa viabilidade de suas sementes no solo, e
378 dificuldade na identificação das diferentes espécies no campo, e a resistência a muitos
379 herbicidas (HORAK e LOUGHIN, 2000). Plantas desta família possuem via de fixação
380 de carbono do tipo C4, que lhes confere diversas características vantajosas em relação
381 às plantas C3, principalmente por serem mais eficientes no uso da água (PAUL e
382 ELMORE, 1984).

383 Na época 1 identificou-se um total de 89 indivíduos de plantas daninhas (Tabela
384 2; Figura 2), sendo a *A. viridis* e a *E. indica* as espécies que apresentaram maior número
385 de indivíduos por espécie (NIE), maior acúmulo de massa seca, bem como maior índice
386 de valor de importância (IVI) em relação às demais espécies (Figura 3).

387 Foram observados 19, 21, 20 e 12 números de indivíduos por espécie (NIE) de
388 plantas daninhas, respectivamente, nas épocas 2, 3, 4 e 5, sendo que os maiores valores
389 de número de indivíduos, quantidade de massa seca e IVI foram observados na espécie
390 *E. indica* em todas essas épocas de avaliação (Figura 3).

391 Na época 6, foram observados 54 indivíduos (Tabela 2), sendo que o maior
392 número de indivíduos por espécie (NIE) e IVI (Figura 3) ocorreu para a espécie
393 *Euphorbia* *hirta*. Porém, o maior acúmulo de massa seca foi observado na espécie *E.*
394 *indica* (Tabela 2; Figura 2).

395



396

397 **Figura 3.** Índice de valor de importância (IVI) das principais espécies de plantas daninhas coletadas ao
 398 longo do desenvolvimento do cacaueteiro cultivado à pleno sol em região de clima semiárido, Janaúba,
 399 MG. *Épocas de coleta: Época 1 (A), Época 2 (B), Época 3 (C), Época 4 (D), Época 5 (E) e Época 6 (F).

400

401 Em áreas de transição para café orgânico, na região de Lavras-MG (FERREIRA
 402 et al. 2011) e de cultivo convencional de cana-de açúcar Santos et al. (2015) observou-
 403 se que *Eleusine indica* apresentou maiores valores de IVI durante o período de
 404 avaliação realizado.

405 Dessa forma, a dinâmica de distribuição das espécies de plantas em um local
 406 também é influenciada pelo banco de sementes existente e por fatores edafoclimáticos
 407 (N'ZALA et al. 2002). As espécies que se destacam das demais, geralmente apresentam
 408 alta produção de sementes (para abastecer o banco de sementes da área), aliada a outros
 409 mecanismos, como dispersão, longevidade e dormência, por um longo período

410 (CARMONA, 1992). Essas estratégias são desenvolvidas para sobrevivência
411 principalmente em momento de condições adversas (MALUTA et al. 2011).

412 De acordo com Pitelli (2000), a importância relativa informa quais espécies são
413 mais importantes em termos de infestação, levando em consideração a distribuição das
414 espécies, o número de indivíduos e a concentração na área.

415 Segundo Radosevich et al. (2007), à medida que aumenta a densidade e o
416 desenvolvimento das plantas daninhas que germinam e emergem no início do ciclo da
417 cultura, intensifica-se a competição interespecífica e intraespecífica, de modo que as
418 espécies mais desenvolvidas se tornam dominantes e as demais são suprimidas ou
419 morrem.

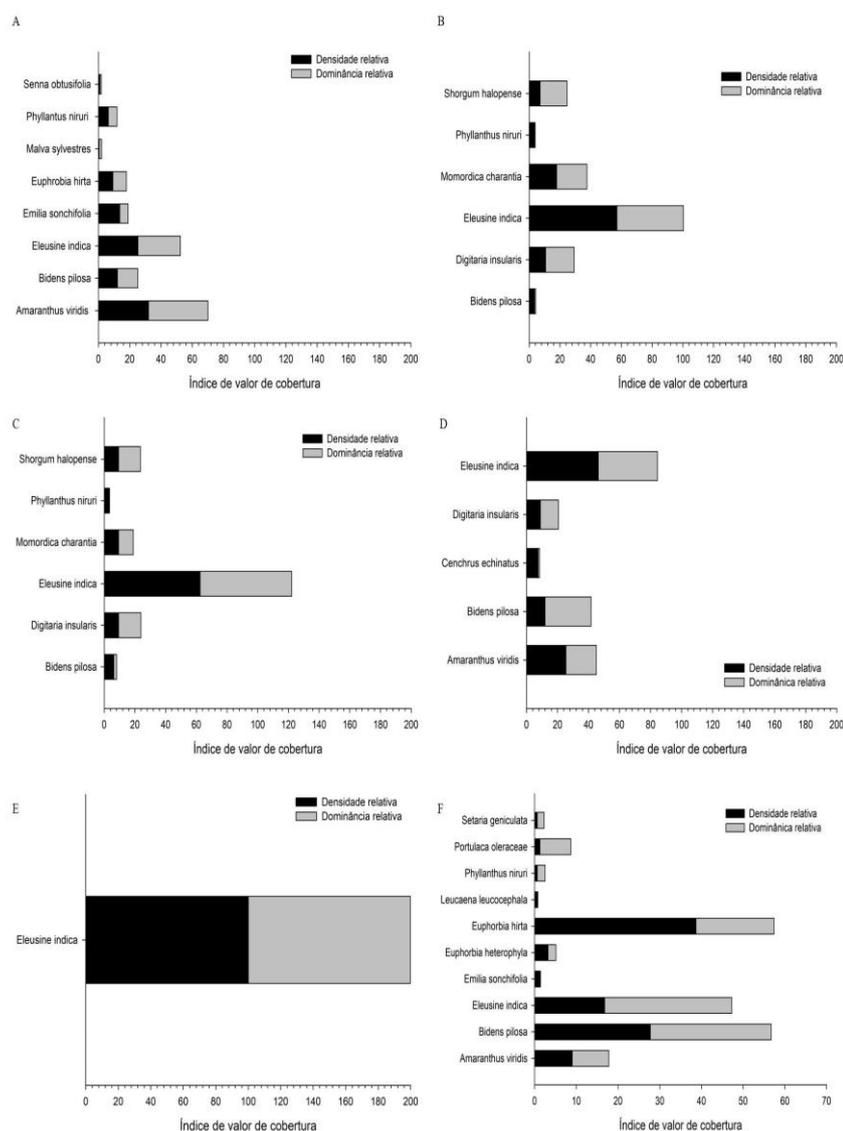
420 Com relação à dominância relativa (DOR), *Eleusine indica* se destacou em
421 relação às demais espécies em todas as das épocas de levantamento, exceto na época 1,
422 sendo *Amaranthusviridisa* de maior DOR. Essa espécie de acordo com o IVC, cobriu a
423 maior parte da área de estudo nos períodos de coleta (Figura4).

424 *Eleusine indica* possui como característica a alta capacidade competitiva,
425 tornando-se planta daninha importante de diversas culturas (ERASMO et al. 2004;
426 AGRASAR et al. 2005; KISSMANN, 2007). As sementes de *Eleusine indica*
427 apresentam germinação em ampla faixa de condições ambientais, sendo facilitada em
428 casos de alternância de temperaturas de 30/20°C ou 35/20°C durante doze horas de luz
429 (ISMAIL et al. 2002). Já a emergência é influenciada pela umidade do solo e pela
430 profundidade onde estão depositadas as sementes, em que as maiores proporções de
431 plântulas emergem de sementes dispostas na superfície do solo (ISMAIL et al. 2002;
432 CHAUHAN e JONHSON, 2008).

433

434

435



436

437 **Figura 4.** Índice de valor de cobertura (IVC) das principais espécies de plantas daninhas coletadas ao
 438 longo do desenvolvimento do cacaueteiro cultivado em região de clima semiárido, Janaúba, MG.

439 .*Épocas de coleta: Época 1 (A), Época 2 (B), Época 3 (C), Época 4 (D), Época 5 (E) e Época 6 (F).

440

441 As épocas de amostragem apresentaram similaridade no número de espécies que
 442 constituíam a comunidade de plantas daninhas variando de 18,18 até 100%. A
 443 amostragem realizada na época 6, apresentou o maior número de espécies de plantas
 444 daninhas, enquanto a amostragem da Época 5, registrou o menor número. As
 445 amostragens realizadas nas épocas 2 e 3 apresentaram maior similaridade na
 446 composição da comunidade de plantas daninhas (100%), seguidas das épocas 1 e 6
 447 (66,67%), 2 e 4 (54,55%) e 3 e 4 (54,55%) (Tabela 4). Por outro lado, as épocas 5 e 6
 448 bem como as épocas 1 e 5 foram aquelas que apresentaram menores valores de índice
 449 de similaridade.

450

451 **Tabela 3.** Índice de similaridade entre as seis épocas de coleta da comunidade de plantas daninhas do
452 cultivo do cacauzeiro a pleno sol em região de clima semiárido, Janaúba, MG.

	Época 1	Época 2	Época 3	Época 4	Época 5
Época 2	42,86				
Época 3	42,86	100			
Época 4	46,15	54,45	54,55		
Época 5	22,22	28,57	28,57	33,33	
Época 6	66,67	37,50	37,50	40	18,18

453 *Épocas de coleta: julho/2017 (Época 1), dezembro/2017 (Época 2), julho/2018 (Época 3),
454 dezembro/2018 (Época 4), julho/2019 (Época 5) e dezembro/2019 (Época 6).

455

456 **Conclusões**

457

458 A comunidade infestante de plantas daninhas encontrada no cacauzeiro cultivado
459 a pleno sol na região semiárida é composta por espécies, em sua maioria, pertencentes
460 às famílias *Poaceae*, *Euphorbiaceae* e *Amaranthaceae*.

461 A maior diversidade de espécies de plantas daninhas é encontrada na época 6,
462 que se refere a dezembro/2019.

463 A espécie *Eleusine indica* tem maior índice de valor de importância e de
464 cobertura na maioria das épocas avaliadas ao longo do crescimento do cacauzeiro.

465

466 **Agradecimentos**

467

468 À Fundação de Apoio à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação
469 de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Código de Financiamento 001
470 (CAPES001) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
471 (CNPq), pelo apoio financeiro concessão de bolsas.

472

473

474

475

476 **Referências**

477

478 ADEGAS, F. S. et al. Phytosociological survey of weeds in sunflower crop. **Planta**
479 **Daninha**, v. 28, p. 705–716, 2010.

480

481 AGRASAR, Z. E. R.; STEIBEL, P. E.; TROIANI, H. O. Manual ilustrado de las
482 gramíneas dela província de La Pampa. La Pampa, Santa Rosa: Ed. Universidade
483 Nacional de La Pampa, 2005. 374p.

484

485 ALAMY, F. B; FIGUEIREDO, K. M. E.; CANUTO, R. S. O.; FERREIRA, L.;
486 CANUTO, D. F. M. O.; BORGES, T. T. N. Levantamento fitossociológico de plantas
487 daninhas na cultura da soja no triângulo mineiro. **Anais do congresso Brasileiro de**
488 **fitossanidade**. ISSN: 2675-0775, Curitiba-PR, 2019.

489

490 ALVARENGA, P.; AMAROLI, P.; CÁCERES, J.; EGUIZÁBAL, C.; FERNÁNDEZ,
491 J. A.; FOWLER, W.; LAURIA, A.; FUENTES, H. L.; MELHADO, O. E.;
492 PANAMENO.; WALTER, K. História de El Salvador. El Salvador: Ministério de
493 Educación; Centro América, 1941. 249 p. p. 49-5.

494

495 APG III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group: Classification for the
496 Orders and Families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean**
497 **Society**, 161: 105–121.

498

499 BATISTA, P. S. C.; OLIVEIRA, V. S.; SOUZA, V. B.; CARVALHO, A. J.;
500 ASPIAZÚ, I. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em cultivares de feijão
501 –caupi de porte ereto e prostrado. **Planta Daninha**, v.35, e017160273, 2016.

502

503 BRAUN-BLANQUET, V. **Fitosociología**: bases para elestudio de las comunidades
504 vegetales. Madrid: H. Blume, 1979. 820p.

505

506 BRANDÃO, M.; BRANDÃO, H.; LACA-BUENDIA, J. P. A mata ciliar do rio
507 Sapucaí, município de Santa Rita do Sapucaí-MG: fitossociologia. **Daphne**, v.8, n.4,
508 p. 36-48, 1998.

509
510 BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C.; GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; VOLL, E.
511 Cadastramento fitossociológico de plantas daninhas na cultura de girassol. **Pesquisa**
512 **Agropecuária Brasileira**, v.38, n.5, p.651-657, 2003.
513
514 CARMONA, R. Problemática e manejo de banco de sementes de invasoras em solos
515 agrícolas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.10, p.5-16, 1992.
516
517 CARVALHO, L. B. Plantas daninhas. Edição do autor, Lages-SC, 2013. 92 p.
518
519 CHAUHAN, B. S.; JOHNSON, D. E. Germination ecology of goosegrass (*Eleusine*
520 *indica*): an important grass weed of rainfed rice. **Weed Science**, v.56, p.699-706, 2008.
521
522 COLEMAN, G. R. Y.; STEAD, A.; RIGTER, M. P.; XU, Z.; JOHNSON, D.;
523 BROOKER, G. M.; SUKKARIEH, S.; WALSH, M. J. Using energy requirements to
524 compare the suitability of alternative methods for broadcast and site-specific weed
525 control. **Weed Technology**, v.33, n.4, p.633–650, 2019.
526
527 CURTIS, J. T.; MCINTOSH, R. P. The interrelations of certain analytic and synthetic
528 phytosociological characters. *Ecology*. 31:434-455, 1950.
529
530 CUENCA, M. A. G.; NAZÁRIO, C. C. Importância Econômica e Evolução da Cultura
531 do Cacau no Brasil e na Região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia entre 1990 e 2002.
532 Embrapa, documento 72, Dezembro, 2004.
533
534 EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação
535 de solos. 2. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa
536 Solos, 2006.
537
538 ERASMO, E. A. L.; PINHEIRO, L. L. A.; COSTA, N. V. Levantamento
539 fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz
540 irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22,
541 n.2, p.195-201, 2004.
542

543 FERREIRA, E. A.; FRANÇA. A. C.; CARVALHO, R. F.; SANTOS, J. B.; SILVA, D.
544 V.; SANTOS. E. A. Avaliação fitossociológica da comunidade infestante em áreas de
545 transição para o café orgânico. **Planta Daninha**, v.29, n.3, p.565-576, 2011.
546
547 GHANIZADEH, H.; LORZADEH, S.; ARYANNIA, N. Effect of weed interference on
548 Zea mays: Growth analysis. **Weed Biology and Management**, v.14, n.2, p.133–137,
549 2014.
550
551 HOLM, L. G.; PANCHO, J. V.; HERBERGER, J. P.; PLUCKNETT, D. L. **The**
552 **world's worst weeds – distribution and biology**. 2 nd ed. Krieger Publishing
553 Company. 1977.
554
555 HORAK, M. J.; LOUGHIN, T. M. Growth analysis of four Amaranthus species. **Weed**
556 **Science**, Lawrence, v.48, n.3, p.347-355, 2000.
557
558 ICCO - ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CACAU. 2019. Boletim Trimestral
559 da ICCO de Estatísticas do Cacau vol. XLIV, No. 4. Disponível em
560 <https://www.icco.org>. Acesso em 15 de Junho de 2021.
561
562 ISMAIL, B. S.; CHUAH, T. S.; SALMIJAH, S.; TENG, Y. T.; SCHUMACHER, R. W.
563 Germination and seedling emergence of glyphosate-resistant and susceptible biotypes of
564 goosegrass (*Eleusine indica* [L.] Gaertn.). **Weed Biology and Management**, v.2, p.177-
565 185, 2002.
566
567 KISSMANN, K. G. Plantas infestantes e nocivas. Tomo I. 3ª ed. São Paulo: Basf
568 Brasileira S. A., 2007. **CD-ROM**.
569
570 KISSMANN, K. G.; GROTH, D. Plantas infestantes e nocivas. 2.ed. São Paulo: BASF,
571 1999. v.2, 978 p. Malabar, USA, 609pp.
572
573 LARA, J. F. R.; MACEDO, J. F.; BRANDÃO, M. Plantas daninhas em pastagens de
574 várzeas no Estado de Minas Gerais. **Planta Daninha**, v.21, n.1, p.11-20, 2003.
575

576 LEITE, J. B. V.; SODRÉ, G. A.; VALLE, R. R.; MARIVALDO, M. N.; MARROCOS,
577 P. C. L. Comportamento produtivo do cacau no semiárido do Brasil. **Agrotrópica**, v.24,
578 p.85-90, 2012.

579

580 LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: Terrestres, aquáticas, parasitas e**
581 **tóxicas**. 3^a ed. Plantarum, Nova Odessa, Brasil, 2000. 620 pp.

582

583 MALUTA, F. A.; JÚNIOR, J. C.; SILVA, L. S. **Manejo de plantas daninhas na**
584 **cultura da soja. Departamento de produção vegetal**. Biologia e manejo de planta
585 daninha. 2011.

586

587 MODEL, N. S.; FAVRETO, R. Plantas espontâneas e daninhas identificadas em cinco
588 épocas em área cultivada com abacaxizeiro em Maquiné, Rio Grande do sul, Brasil.
589 **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.15, n.1, p.57-64, 2009.

590

591 NASCIMENTO, P. G. M. L; SILVA, M. G. O; FONTES, L. O; RODRIGUES, A. P.
592 M. S; MEDEIROS, M. A; FREITAS. F. C. L. Levantamento fitossociológico das
593 comunidades infestantes em diferentes sistemas de plantio de milho em Mossoró-RN.
594 **Agropecuária científica no Semi-Árido**, Patos-PA, v.7, n.3, p.01-09, 2011.

595

596 N'ZALA, D.; NADJIDJIM, J.; NGAKA, A. Weed population dynamics during the
597 groundnut crop cycle in the wet tropical zone of Kombe (Congo). **Weed Research**,
598 v.42, p. 100-106, 2002.

599

600

601 ODUM, E.P. **Fundamentals of Ecology**, 3rd Edition, Saunders, Philadelphia. 574 pp.
602 1971.

603

604 ODUM, H.T. 1985. Self-Organization of Ecosystems in Marine Ponds Receiving
605 Treated Sewage. UNC Sea Grant SG-85-04. 250 pp.

606

607 OLIVEIRA, A. R.; FREITAS, S. P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas
608 em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa - MG, v.26, n. 1, p.
609 33-46, 2008.

610
611 PAUL, R.; ELMORE, C.D. Weeds and the C4 syndrome. *Weeds Today*, Champaign, v.
612 15, n. 1, p. 3-4, 1984.
613
614 PEDROTTI, D. E.; GUARIM-NETO, G. Flora Ruderal da cidade de Cuiabá, Mato
615 Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.12, n.2, 135-143, 1998.
616
617 PITELLI, R. A. Biologia de plantas daninhas. In: DOWER NETO, J.B. - SEMANA DO
618 HERBICIDA, 5, Bandeirantes, 11983. Apostila, Bandeirantes, Fundação Faculdade de
619 Agronomia "Luiz Meneghel", 1983. p.1-9
620
621 PITELLI, R. A. Estudos fitossociológicos em comunidades infestantes de
622 agroecossistemas. **J. Conserb**, v. 1, n. 2, p. 17, 2000.
623
624 RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Ecology of weeds and invasive**
625 **plants: relationship to agriculture and natural resource management**. 3rd ed. New York:
626 John Wiley& Sons, 2007. 454 p.
627
628 RENTON, M.; CHAUHAN, B.S. Modelling crop-weed competition: Why, what, how
629 and what lies ahead. **Crop Protection**, v.95, p.101–108, 2017.
630
631 ROLIM, S. G.; SAMBUICHI, R. H. R.; SCHROTH, G.; NASCIMENTO, M. T.;
632 GOMES, J. M. L. Recovery of forest and phylogenetic structure in abandoned cocoa
633 agroforestry in the Atlantic Forest of Brazil. **Environmental management** v.59, n.3,
634 p.410-418, 2017.
635
636 SANTOS, J. R. P. **Fitossociologia e interferência de plantas daninhas na cultura do**
637 **abacaxizeiro**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Departamento de
638 Ciências Agrária, Universidade Estadual de Montes Claros. Janaúba, p. 66. 2019.
639
640 SANTOS, F. L. S.; TEIXEIRA, I. R.; TIMOSSI, P. C.; SIVÉRIO, J. G. D.; BENETT,
641 C. G. S. **Planta daninha**, Viçosa-MG, v.35, e017162166, 2015.
642

643 SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.;
644 LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.;
645 OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**.
646 Brasília-DF: Embrapa, 2018.

647

648 SARMENTO, H. G. S.; RODRIGUES, T. M.; ASPIAZÚ, I.; CORSATO, C. E.
649 Phytosociological survey in pineapple cultivated in northenn Minas Gerais. **Nativa**,
650 Sinop, v.5, n.4, p.231-236, 2017.

651

652 SENA, F. H. S.; ASPIAZÚ, I.; SILVA, N. P.; OLIVEIRA, R. M.; SILVA, K. M. J.;
653 MATRANGOLO, C. A. R.; BRITO, C. F. B. Levantamento fitossociológico de plantas
654 daninhas em pomares de mangueira no semiárido mineiro. **Nativa**, v.7, n.5, p.500-505,
655 2019.

656

657 SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SANTOS, J. B. Métodos de
658 controle de plantas daninhas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de**
659 **plantas daninhas**, Viçosa, MG. Editora UFV, 2007. 367p, 2007.

660

661 SILVA, A. M. A.; COELHO, I. D.; MEDEIROS, P. R. Levantamento florístico das
662 plantas daninhas em um parque público de Campina Grande, Paraíba. **Biotemas**, v.21,
663 n.4, p.7-14, 2008.

664

665 SILVA NETO, P. J.; ROCHA NETO, O. G.; KATO, O. R. Crescimento e produção do
666 cacauero em sistemas agroflorestais em função do manejo de plantas daninhas. **Revista**
667 **de Ciências Agrárias**, Belém-PA, v.48, p. 99-112, 2017.

668

669

670 SODRÉ, G. A. Formação de mudas de cacauero, onde nasce a boa cacauicultura.
671 CEPLAC/CEPEC, Ilhéus, BA, Brasil. 2013.

672

673 SODRE, G. A.; LEITE, J. B. V. Sistema Candelabro: proposta para cultivo intensivo de
674 cacauero. **Agrotrópica**, v.30, p.135-146, 2018.

675

676 SOUZA, L. S.; VELINI, E. D.; MAIMONI-RODELLA, R. C. S.; MARTINS, D.
677 Teores de macro e micronutrientes e a relação C/N de várias espécies de plantas
678 daninhas. **Planta Daninha**, v.17, p.163-167, 1999.
679
680 TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M. & MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento
681 vegetal (6 ed., 888p). Artmed, Porto Alegre. 2007.
682
683 TANVEER, A.; KHAN, M. A.; ALI, H. H.; JAVAID, M. M.; RAZA, A.; CHAUHAN,
684 B. S. Influence of different environmental factors on the germination and seedling
685 emergence of *Ipomoea eriocarpa* R. Br. **Crop Protection**, v.130, 105070, 2020.
686
687 TUFFI SANTOS, L. D.; SANTOS, I. C.; OLIVEIRA, C. H.; SANTOS, M. V.;
688 FERREIRA, F. A.; QUEIROZ, D.S. Levantamento fitossociológico em pastagens
689 degradadas sob condições de várzea. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 343-349, 2004.
690
691 VALVERDE, B. E.; CHAVES, L. The Banning of Bromacil in Costa Rica. **Weed**
692 **Science**, v.68, n.3, p.240–245, 2020.
693
694 VELHO, G. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; VELINI, E. D.; CASTRO, G. S. A.; BORGHI,
695 E. Interferência de *Brachiariaplantaginea* com a cultura do arroz, cv. Primavera. **Planta**
696 **Daninha**, v.30, n.1, p.17–26, 2012.
697
698 ZANATTA, J. F.; FIGUEIREDO, S.; FONTANA, L. C.; PROCÓPIO, S. O.
699 Interferência de plantas daninhas em culturas olerícolas. **Revista da FZVA**,
700 Uruguaiana, v. 13, n. 2, p. 39-57, 2006.
701
702
703
704
705
706
707
708
709

CAPÍTULO 2

710
711

712 **Ecologia de comunidade de plantas daninhas em cultivo de cacaueteiro em**
713 **região semiárida**

714

715 **(Artigo formatado de acordo com as normas da Revista Brasileira de Fruticultura)**

716

717

718

719

720

721

722

723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

736

737 **Ecologia de comunidade de plantas daninhas em cultivo de cacauero em**
738 **região semiárida**

739
740 **Resumo** - Os sistemas de cultivo a pleno sol e irrigados apresentam altas produtividades
741 e são característicos de cultivos no cacauero. A competição com plantas daninhas é
742 uma das principais restrições à produção de alimentos em sistemas agrícolas, tendo
743 como principal impacto reduzir os rendimentos das culturas. Para se estabelecer
744 métodos adequados de controle, é importante que sejam efetuados levantamentos e
745 identificação das plantas daninhas. Objetivou-se com o presente trabalho conhecer
746 aspectos ecológicos de uma comunidade de plantas daninhas em cultivo de cacauero
747 em região semiárida. A coleta das plantas daninhas foi realizada nos meses de julho e
748 dezembro, nos anos de 2017, 2018 e 2019. Estas coletas foram realizadas em 48 pontos
749 em área que consistiram em 8 clones de cacauero, a pleno sol, no espaçamento de 3,0 x
750 2,0 metros. A área estudada com cultivo de cacau a pleno sol em região de clima
751 semiárido tem comunidade de plantas daninhas com média diversidade e tendência de
752 desequilíbrio entre as espécies dominantes em relação às suprimidas. A espécie *Eleusine*
753 *indica* é a de maior importância na comunidade de plantas daninhas no cultivo de
754 cacauero a pleno sol e irrigado, em região de clima semiárido.

755

756 **Termos para indexação:** *Theobromacacao* L., levantamento fitossociológico, análise
757 florística.

758

759

760

761

762

763

764

765

766

767

768

769

770

771 **Community ecology of weeds in cocoa cropping in a semiarid region**

772
773 **Abstract** – The full sun and irrigated cropping systems have high yields and are
774 characteristic of cocoa crops. Competition with weeds is one of the main restrictions on
775 food production in agricultural systems, with the main impact of reducing crop yields.
776 In order to establish adequate control methods, it is important that weed surveys and
777 identification are carried out. The objective of this work was to know the ecological
778 aspects of a weed community in cacao cultivation in a semiarid region. Weed collection
779 was carried out in July and December, in the years 2017, 2018 and 2019. These
780 collections were carried out at 48 points in an area consisting of 8 cocoa clones, in full
781 sun, at a spacing of 3.0 x 2.0 meters. The area studied with cocoa cultivation under full
782 sun in a semi-arid climate region has a weed community with medium diversity and a
783 tendency of imbalance between the dominant species in relation to the suppressed ones.
784 The *Eleusine indica* species is the most important in the weed community in the
785 cultivation of cocoa in full sun and irrigated, in a semiarid climate region.

786
787 **Index terms:** *Theobroma cacao* L., Phytosociological survey, Floristic indices.

810 **Introdução**

811

812 O cacauzeiro (*Theobromacacao*L.) é considerado uma das culturas perenes mais
813 importantes do mundo com produção total de 5,0 milhões de toneladas em 2020 (ICCO,
814 2021). Aproximadamente 76% desta produção de cacau se dá nos países, Costa do
815 Marfim, Gana, Camarões e Nigéria (ICCO, 2021).

816 A ocorrência de plantas daninhas na cultura do cacauzeiro causa a redução no
817 desenvolvimento da planta, produção e qualidade das sementes, além de ainda dificultar
818 o seu estabelecimento (AKOBUNDU, 1987; OLADOKUN, 1989).

819 O controle químico é a principal ferramenta para o manejo de plantas daninhas
820 da maioria das plantas cultivadas. Entretanto, as opções de controle químico no
821 cacauzeiro são escassas e limitadas (SILVA NETO et al. 2007). Para se estabelecer
822 métodos adequados de controle, é importante que sejam feitos levantamentos e
823 identificação das plantas daninhas presentes, pois um mesmo herbicida não apresenta
824 espectro de ação suficiente para controlar todas as espécies existentes na área a ser
825 cultivada (BRIGHENTI et al., 2003).

826 É nítido um aumento de infestação e incidência de resistência de plantas
827 daninhas aos herbicidas. Sendo assim, remoção regulatória de produtos tornam cada vez
828 menores as opções disponíveis (COLEMAN et al. 2019; VALVERDE e CHAVES,
829 2020). Portanto, o controle eficaz das plantas daninhas dependerá da adoção de
830 tecnologias alternativas (COLEMAN et al. 2019) e o emprego de várias táticas para
831 manejar as populações de plantas daninhas tornam-se importantes para os agricultores
832 (VALVERDE e CHAVES, 2020).

833 O manejo de plantas daninhas está muito centrado na remoção e erradicação das
834 mesmas, sendo o controle químico a principal ferramenta utilizada (SMITH, 2015)
835 porém, novas abordagens são necessárias. O atual modelo de intensificação agrícola,
836 que proporciona altos rendimentos, também resulta em perdas: em biodiversidade, em
837 funções ecológicas e em importantes serviços ecossistêmicos em paisagens agrícolas
838 (GEIGER et al. 2010; EMMERSON et al. 2016; LANDIS, 2017; EGLI et al. 2018;
839 FANFARILLO et al. 2019).

840 Segundo Neves et al. (2009), a ciência de plantas daninhas tem focado muito na
841 fisiologia e aspectos agronômicos das plantas daninhas, deixando de lado a ecologia

842 como ferramenta para compreender a biologia e elaborar estratégias mais eficientes de
843 manejo.

844 A análise faunística tem sido utilizada para caracterizar e delimitar uma
845 comunidade, aferir o impacto ambiental de uma área, conhecer espécies predominantes
846 bem como comparar áreas com base nas espécies de insetos (FRIZZAS et al. 2003).

847 Os conhecimentos atuais em ecologia de plantas daninhas não permitem
848 previsões conclusivas quanto aos padrões de co-ocorrência de espécies, ou seja, se elas
849 ocorrem simultaneamente ou no mesmo local que outra, pois algumas estruturas
850 compartilhadas pelas espécies demonstram uma estrutura de ocorrência aleatória nas
851 comunidades (PETIT e FRIED, 2012).

852 Detectar os padrões de coocorrência de espécies está entre as principais tarefas
853 da ecologia de comunidades vegetais, entretanto muito poucos estudos tratam da co-
854 ocorrência de espécies (FANFARILLO et al. 2020). Os dados de coocorrência são úteis
855 para definir a diversidade de habitats ou lugar de nicho de espécies (FRIDLEY et al.
856 2007; PANNEK et al. 2016).

857 Com a necessidade de gerar conhecimento científico a respeito das interações
858 ecológicas das plantas daninhas em áreas de cultivos, objetivou-se conhecer aspectos
859 ecológicos de uma comunidade de plantas daninhas em cultivo de cacaueteiro em região
860 semiárida.

861

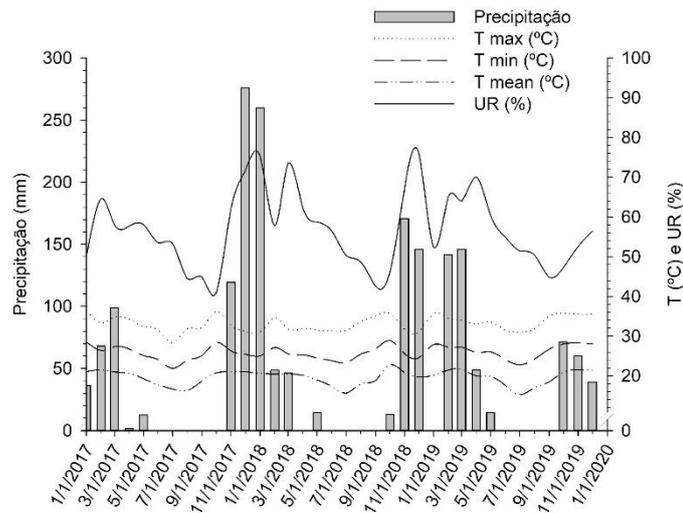
862 **Material e métodos**

863

864 O experimento foi instalado na área experimental localizada no município de
865 Janaúba, MG, sob as coordenadas geográficas de 15°43'48''S, 43°19'23''W e altitude
866 de 533 m. O clima da região é do tipo "Aw" (tropical chuvoso, savana com inverno
867 seco). As condições climáticas observadas durante o período de condução do **trabalho**
868 foram obtidas a partir de estação climatológica localizada no município de Nova
869 Porteirinha, MG, distante 8 km do **experimento** (Figura 1).

870

871 **Figura 1.** Precipitação, temperatura mínima, máxima e média e umidade relativa ocorrida durante a
872 condução do experimento, Janaúba, MG.



873

874 Na área experimental da estação, foram estudadas e identificadas as plantas
875 daninhas em 0,25 ha, totalizando 196 plantas, que foi iniciado no ano de 2017, em
876 cacauzeiros implantados com sombreamento provisório de bananeira (*Musa* spp), a qual
877 foi retirada quando o cacauzeiro atingiu 2 anos de idade. A partir daí, o cacauzeiro foi
878 conduzido á pleno sol, no espaçamento de 3,0 x 2,0 m. Foram realizadas capinas
879 manuais ou com roçadeira costal ao longo do experimento, de acordo com as
880 recomendações técnicas. Entretanto, 60 dias antes das avaliações não era realizado
881 quaisquer tipos de controle das plantas daninhas.

882 A coleta das plantas daninhas foi realizada nos meses de julho/2017 (Época 1),
883 dezembro/2017 (Época 2), julho/2018 (Época 3), dezembro/2018 (Época 4), julho/2019
884 (Época 5) e dezembro/2019 (Época 6). Estas coletas foram realizadas em área que
885 consistiram em oito clones de cacauzeiro (SJ 02, CEPEC 2002, CEPEC 2005, CEPEC
886 2006, PS 1319, Ipiranga, PH 16 e CCN 51), sendo 48 pontos de amostragem. A
887 irrigação foi realizada por microaspersão, sendo os emissores espaçados em 6,0 x 2,0
888 metros.

889 Para a coleta de plantas daninhas, foi utilizado como unidade amostral, um
890 quadrado com dimensões 0,25 x 0,25 m (0,125 m²), lançado uma vez, aleatoriamente na
891 área útil de cada parcela (método do quadrado inventário), posteriormente se efetuou a
892 coleta de todas as plantas presentes na área, conforme descrito por Braun-Blanquet
893 (1979); Curtis e McIntosh (1950); Odum (1971).

894 Em seguida, as amostras de cada espécie foram acondicionadas em sacos de
895 papel postas em estufa de circulação forçada de ar á temperatura de 65°C por 72 horas,
896 para posterior determinação de massa da seca em balança de precisão, sendo o resultado
897 expresso em gramas.

898 Após a identificação dos indivíduos por área amostrada, os dados foram
899 tabulados e foram realizados cálculos para se obter uma hipótese da população de
900 plantas daninhas. Para realização dos cálculos, foram utilizadas as seguintes fórmulas:

901

902 $FR = n^{\circ} \text{ de quadrados que contém a espécie} / n^{\circ} \text{ total de quadrados obtidos};$

903 $FRR = F \text{ da espécie} * 100 / \text{Frequência total das espécies};$

904 $D = n^{\circ} \text{ total de indivíduos por espécie} / \text{Área total ocupada pelos quadrados};$

905 $Dr = D \text{ da espécie} * 100 / \text{Densidade total das espécies};$

906 $Ab = n^{\circ} \text{ total de indivíduos por espécie} / n^{\circ} \text{ total de quadrados que contém a}$
907 $\text{espécie};$

908 $Ar = A \text{ da espécie} * 100 / \text{Abundância total das espécies};$

909 $Dor = \text{biomassa da espécie} / \sum \text{ da biomassa total de todas as espécies} * 100;$

910 $IVI = Fr + Dr + Ar;$

911 $IVC = \text{dominância relativa} + \text{densidade relativa}.$

912

913 O solo da área experimental é classificado como um LATOSSOLO
914 VERMELHO Eutrófico (LVe) de textura média/argilosa (EMBRAPA, 2006), sendo um
915 solo poroso e com boa retenção de água no solo, o qual foi manejado e adubado
916 previamente para atender as demandas da cultura da bananeira, bem como durante o
917 desenvolvimento do cacaueteiro.

918 As plantas daninhas foram identificadas ao nível de espécie e o número de
919 indivíduos de cada espécie foi contabilizado. Com os dados obtidos realizou-se a
920 caracterização da comunidade através da análise faunística (SILVEIRA NETO et al.
921 1976), adaptada em análise florística pela análise florística foram determinadas
922 abundância, constância, dominância e frequência das espécies. Também foi determinado
923 **o índice de riqueza de Margalef (D), índice de diversidade de Shanon-Wiener (H')**
924 **e o índice de Equitabilidade de Pielou (J')**, conforme Ludwig e Reynolds (1988):

925

Índice de riqueza específica de Margalef (D)

$$D = (S-1) / \ln (n)$$

Índice de diversidade de Shannon (H')

$$H' = - \sum [(n_i/n) * \ln (n_i)]$$

Índice de Equitabilidade de Pielou (J')

$$J' = H' / \ln (S)$$

926

927

928 em que S é o número de espécies, n é o número total de indivíduos e n_i é o número de
929 indivíduos da espécie i em cada arrasto.

930 Determinou-se a similaridade das comunidades de plantas daninhas nas
931 diferentes épocas de amostragem pelo **índice de similaridade (S)** descrito em Odum
932 (1985), por meio da fórmula:

$$933 \quad S = (2C*(A+B)^{-1})*100$$

934 Onde:

935 C= número de conjuntos de espécies comuns nas épocas comparadas duas a duas

936 A= número de conjuntos de espécies da época X

937 B= número de conjuntos da época y

938

939 As análises de abundância, constância, dominância e frequência das espécies,
940 foram realizadas no software ANAFAU. Com os dados da análise florística, realizou-se
941 o agrupamento das espécies por dissimilaridade, baseado na distância Euclidiana,
942 através do método UPGMA e apresentou-se o resultado em um dendograma, pelo
943 pacote EcoSimR do software R (GOTELLI et al. 2015; R Core Team 2020). Também
944 analisou-se a sobreposição de nicho temporal (épocas de coleta) e o padrão de
945 coocorrência das espécies coletadas utilizando o pacote vegan do software R
946 (OKSANEN et al. 2019).

947

948 **Resultados e discussão**

949 Durante o levantamento foi identificado 16 espécies de plantas daninhas
950 ocorrendo no cultivo do cacauzeiro. Dentre essas espécies, *Eleusine indica* é a de maior
951 importância na comunidade de plantas por ser abundante, frequente e a mais constante
952 nos levantamentos (Tabela 2). Em seguida destacam-se, na comunidade de plantas

953 daninhas, as espécies de *Amaranthusviridise Bidens pilosa* por serem dominantes,
 954 abundantes e frequentes nas épocas em que ocorrem. O índice de diversidade de
 955 Shannon ($H = 1,8942$) demonstra a diversidade média na composição de espécies da
 956 comunidade, e os índices de riqueza de Margalef ($\alpha = 2,3946$) e de Equitabilidade ($E =$
 957 $0,6995$), representam ser uma comunidade com relativo equilíbrio da distribuição dos
 958 indivíduos de cada espécie.

959

960 **Tabela 1.** Análise florística das espécies de plantas daninhas em cultivo de cacaueteiro em região
 961 semiárida, Janaúba, MG

Espécies	Nº Indivíduos	Nº Coletas	Dominância	Abundância	Frequência	Constância
<i>Amaranthusviridis</i>	97	3	D	Ma	MF	W
<i>Bidens pilosa</i>	79	5	D	Ma	MF	W
<i>Cenchrusechinatus</i>	5	1	ND	D	PF	Z
<i>Digitaria insularis</i>	17	3	D	C	F	W
<i>Eleusine indica</i>	247	6	SD	As	SF	W
<i>Emiliasonchifolia</i>	30	1	D	C	F	Z
<i>Euphorbiaheterophyla</i>	5	1	ND	D	PF	Z
<i>Euphorbia hirta</i>	79	2	D	Ma	MF	Y
<i>Leucaenaleucocephala</i>	1	1	ND	D	PF	Z
<i>Malva sylvestres</i>	1	1	ND	D	PF	Z
<i>Momordicacacharantia</i>	8	2	D	C	F	Y
<i>Phyllanthusniruri</i>	16	4	D	C	F	W
<i>Portulacaoleraceae</i>	2	1	ND	D	PF	Z
<i>Senna obtusifolia</i>	2	1	ND	D	PF	Z
<i>Setariageniculata</i>	1	1	ND	D	PF	Z
<i>Shorgumhalopense</i>	3	2	ND	D	PF	Y

Índice de Diversidade de Shannon-Weaner (H): 1,8942

Índice de Riqueza de Margalef (α): 2,3946

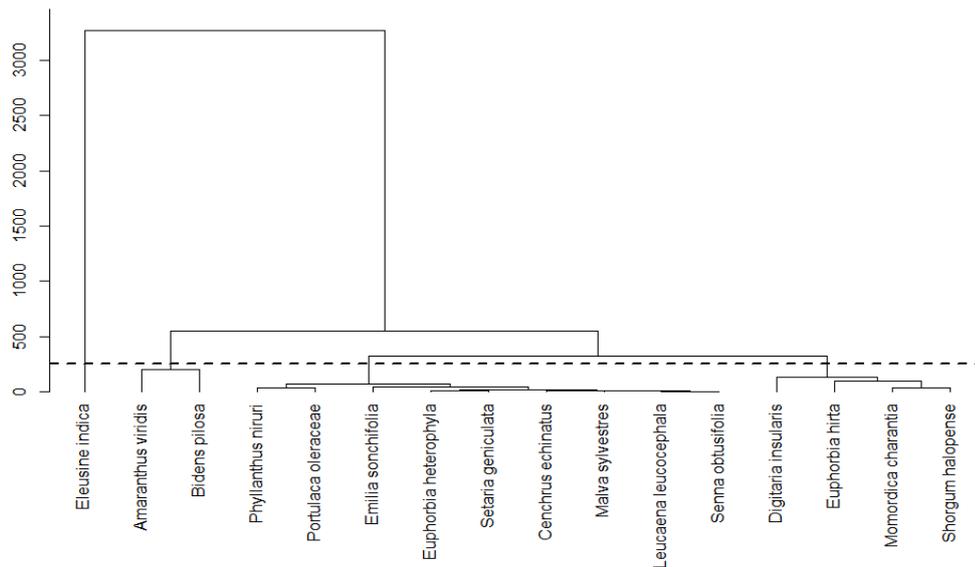
Índice de Equitabilidade (E): 0,6995

962 . *Espécie predominante. Dominância: ND = Não Dominante, D = Dominante, SD = Super Dominante;
 963 Abundância: sa = super abundante; ma = muito abundante, a = abundante, c = comum, d = dispersa, r =
 964 rara; Frequência: SF = Super Frequente, deMF = Muito Frequente, F = Frequente, PF = Pouco Frequente;
 965 Constância: w = constante, y = acessória, z = acidental.

966

967 As plantas daninhas que compõem a comunidade infestante do cultivo do
 968 cacaueteiro formaram quatro grupos de acordo com a sua importância na comunidade em
 969 relação à análise florística. *Eleusine indica* é a espécie de maior destaque, formando um
 970 grupo na análise de agrupamento devido à grande **abundância, frequência e número**
 971 **de indivíduos** coletados nas amostras, seguida das espécies *Amaranthusviridis* e *Bidens*
 972 *pilosa* que formaram outro grupo (Figura 2). *Digitaria insularis*, *Euphorbiahirta*,

973 *Momordicacharantia* e *Sorghumhalopense* se agruparam por possuírem características
 974 similares. As demais espécies de plantas daninhas constituíram o grupo das espécies
 975 com menores valores de parâmetros ecológicos da comunidade, como as espécies com
 976 menores números de indivíduos coletados e menor importância quanto à abundância e
 977 frequência.



978
 979 **Figura 2.** Agrupamento das plantas daninhas de acordo com o seu valor de importância nos
 980 levantamentos.

981
 982 As épocas de amostragem apresentaram similaridade no número de espécies
 983 que constituíam a comunidade de plantas daninhas variando de 18,18 até 100% (Tabela
 984 3). As amostragens realizadas em dezembro de 2017 (Época 2) e em julho de 2018
 985 (Época 3) apresentaram maior similaridade na composição da comunidade de plantas
 986 daninhas (100%), seguidas pelas épocas 1 e 6 (67%), 2 e 4 (54,55%) e 3 e 4 (54,55%)
 987 (Tabela 3).

988
 989
 990
 991
 992
 993
 994

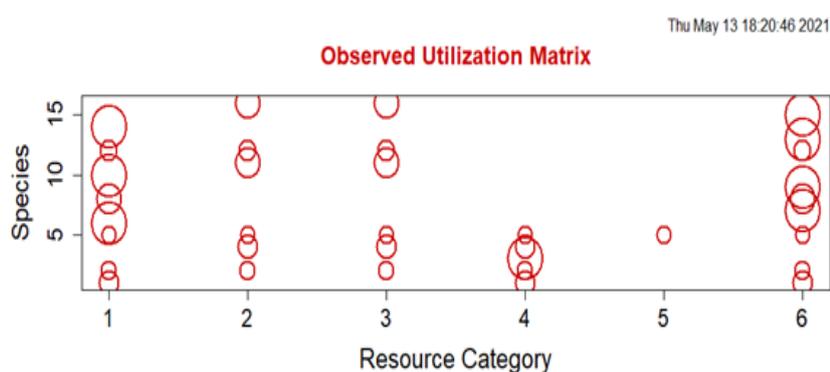
995 **Tabela 3.** Similaridade das épocas de amostragem baseado nos parâmetros ecológicos de comunidades de
 996 plantas infestantes em cultivo de cacaueteiro em região semiárida, Janaúba, MG.

997 ** Número de espécies comuns, entre colchetes.

Épocas	1	2	3	4	5	6
1	1					
2	42.86 [3] **	1				
3	42.86 [3]	100 [6]	1			
4	46.15 [3]	54.55 [3]	54.55 [3]	1		
5	22.22 [1]	28.57 [1]	28.57 [1]	33.33 [1]	1	
6	67 [6]	37.50 [3]	37.50 [3]	40.00 [3]	18.18 [1]	1

998

999 As **espécies** de plantas daninhas apresentaram maior sobreposição de nicho nas
 1000 épocas 1 (julho de 2017) e 6 (dezembro de 2019), épocas de maior ocorrência de
 1001 número de **espécies** (Figura 3). As **espécies** que ocorrem nas épocas 1 e 5 apresentaram
 1002 maior sobreposição do nicho estudado, baseado na frequência de ocorrência das
 1003 mesmas. No decorrer do tempo, em que as amostragens foram realizadas, a
 1004 sobreposição entre as **espécies** diminui à medida que o número de espécies existentes na
 1005 comunidade também diminui, exceto como observado na época 6. Essa redução da
 1006 sobreposição ocorre provavelmente, pela mudança das necessidades por água, luz e
 1007 nutrientes, ou por estarem convivendo de forma mais harmoniosa umas com as outras,
 1008 sem que haja uma maior competição.



1009

1010 **Figura 3.** Sobreposição de nicho das espécies de plantas daninhas em cultivo de cacaueteiro em região
 1011 semiárida, Janaúba, MG, baseado nas épocas de amostragem (épocas 1, 2, 3, 4, 5 e 6).
 1012 Observedutilizationmatrix: sobreposição de nicho da comunidade. Tamanho das bolhas descreve a
 1013 amplitude do nicho da espécie que ocorre na época de amostragem.*Épocas de coleta: julho/2017 (Época
 1014 1), dezembro/2017 (Época 2), julho/2018 (Época 3), dezembro/2018 (Época 4), julho/2019 (Época 5) e
 1015 dezembro/2019 (Época 6).

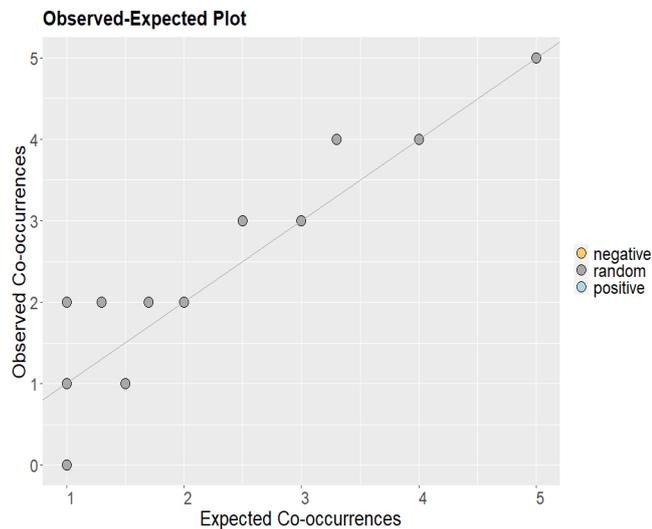
1016

1017

1018 Apesar da comunidade apresentar um padrão de sobreposição de nicho em
1019 determinadas épocas, as espécies de plantas daninhas estudadas apresentam um padrão
1020 de co-ocorrência aleatório (Figura 4).

1021

1022



1023

1024 **Figura 4.** Padrão de co-ocorrência das espécies de plantas daninhas em cultivo de cacau em região
1025 semiárida, Janaúba, MG.

1026

1027 A teoria da seleção r/K, refere-se a um modelo de seleção de características
1028 biológicas que promovem o sucesso em determinados ambientes. De acordo com
1029 MacArthur e Wilson (1967), ao formularem a hipótese de que habitats sujeitos a alta
1030 taxa de mortalidade, independente da densidade, selecionaram espécies que alocam,
1031 proporcionalmente, maior esforço para a reprodução (estrategistas do tipo r), enquanto
1032 habitats com taxas de mortalidade dependentes da densidade escolherão genótipos com
1033 maior capacidade competitiva, alocando, também, maior quantidade de energia às
1034 atividades de maior crescimento e manutenção (estrategistas do tipo K).

1035 As espécies de plantas que são consideradas daninhas diferem das plantas
1036 pioneiras, bem como das espécies tolerantes à estresses, pela sua notável habilidade
1037 competitiva (KEDDY, 2007). A competição na esfera do reino vegetal difere daquela
1038 observada no mundo animal, essencialmente pela inabilidade dos vegetais em
1039 simplesmente escapar à competição, seja ela inter ou intraespecífica, ao se distanciar
1040 fisicamente do competidor. As plantas estão ancoradas ao local onde emergiram
1041 (KEDDY, 2007). Assim, a identificação do mecanismo de competição de uma espécie
1042 de planta daninha em particular, seja o maior número de descendentes

1043 (densidade/abundância), a distribuição mais ampla na área (frequência), ou a habilidade
1044 de efetivamente sombrear e suprimir plantas de outras espécies (dominância), abre
1045 portas para a escolha de métodos mais efetivos na sua supressão (MONQUERO, 2014).

1046 Os agrupamentos por diversidade, usualmente, consideram a habilidade das
1047 plantas em competir com as demais pelo elevado número de descendentes, ou seja,
1048 produzem grande número de sementes (KEDDY, 2007). Dentre as espécies relatadas no
1049 experimento, *Eleusine indica*, *Amaranthusviridi* se *Bidens pilosa* são reconhecidas por
1050 produzir alto volume de sementes por ciclo. Por outro lado, espécies como
1051 *E. indica* são reconhecidas pelo seu mecanismo competitivo largamente embasado na
1052 Dominância, com emergência rápida, alta taxa de crescimento e acúmulo de volume
1053 expressivo de massa seca por indivíduo da espécie.

1054 No presente estudo pode-se classificar a comunidade de plantas daninhas que
1055 ocorreu no cultivo de cacaueteiro como uma comunidade com média diversidade, como
1056 indicado pelo índice de diversidade de Shannon -Wiener (H') que mede a entropia dos
1057 dados pela inter-relação entre o número de indivíduos da espécie, e do balanço de
1058 ocorrência das diferentes espécies na comunidade, e permite inferir sobre a formação e
1059 constituição da comunidade (DOSSOU et al. 2020), e indiretamente sobre sua
1060 sustentabilidade.

1061 Souza et al. (2020) observaram índice de diversidade se Shannon-Wainer para
1062 uma comunidade de plantas daninhas espontâneas de 2,3. Estes autores classificaram
1063 esta comunidade como sendo de média diversidade. De acordo com Pielou (1969), os
1064 valores do índice de diversidade de Shannon-Wainer geralmente estão entre 1,5 e 3,5,
1065 raramente ultrapassando 4,5. Segundo Kent (1992), o índice de diversidade de Shannon-
1066 Wainer pode variar de 0 a 5.

1067 Outro fato a considerar é que o coeficiente de diversidade de Shannon-Wiener
1068 (H') é normalmente mais afetado por alterações na ocorrência das espécies raras na
1069 comunidade, em contraponto a outros índices, como o de Simpson, que são mais
1070 afetados pelas espécies mais densas (BARBOUR et al. 1999). Assim, os parâmetros
1071 desse estudo permitem inferências mais confiáveis em relação ao surgimento e
1072 desaparecimento de espécies, nos diferentes momentos de avaliação, mas não permitem
1073 inferências diretas sobre a severidade das espécies presentes na área.

1074 Dentre as espécies encontradas nos levantamentos, o índice de riqueza mostra
1075 que a comunidade apresenta uma frágil distribuição uniforme dos indivíduos das
1076 espécies, uma vez que *E. indica* e *A. viridis* correspondem a 58,01% dos indivíduos

1077 coletados. O índice de riqueza permite a comparação de comunidades diferentes ou da
1078 mesma comunidade em épocas distintas (SILVEIRA NETO et al. 1976), sendo
1079 fundamental para comparações com estudos futuros de comunidades de plantas
1080 daninhas. Outro ponto que representa a tendência de desequilíbrio da comunidade é o
1081 índice de Equitabilidade, mostrando que o equilíbrio entre o número de indivíduos por
1082 espécies não é igualitário. O índice de Equitabilidade refere-se à forma de distribuição
1083 das espécies dentro da comunidade. Índices próximos a 0 representam comunidades
1084 constituídas por muitos indivíduos de poucas espécies, já índices próximos de 1
1085 demonstram comunidades com igualdade no número de indivíduos das espécies
1086 presentes na comunidade (FATH, 2018; HOSSAIN et al. 2017; DOSSOU et al. 2020).

1087 A família *Poaceae*, no qual está inserido o *E. indica*, inclui espécies consideradas
1088 plantas daninhas muito agressivas e de grande importância, conforme seu hábito de
1089 crescimento e formas de propagação (LORENZI, 2014; TANVEER et al. 2020). *E.*
1090 *indica* é considerada uma espécie de planta daninha muito agressiva às culturas
1091 agrícolas, devido ao seu metabolismo eficiente no uso da água (metabolismo C4),
1092 elevada produção de sementes, sistema radicular agressivo, resistência a herbicidas e
1093 rápido desenvolvimento (VELHO et al. 2012; LORENZI, 2014; PADILHA et al. 2016).
1094 As características intrínsecas dessas espécies, de alta dominância sobre as demais, lhes
1095 permitem ocupar rapidamente espaços vazios na paisagem ao acumular rapidamente
1096 massa seca e sombrear as plântulas de outras espécies, explicando assim a sua
1097 performance no levantamento.

1098 A formação da comunidade de plantas daninhas é dependente de diversos
1099 fatores, principalmente do banco de sementes e do nível antrópico do ambiente. A
1100 antropização do ambiente refletirá na composição do banco de sementes e na
1101 disponibilidade de recursos, como nutrientes, água, luz e espaço disponível para ser
1102 explorado (ALBUQUERQUE et al. 2008; CHAMORRO et al. 2016; TANVEER et al.
1103 2020). Quanto maior a diversidade de espécies de plantas daninhas em uma área de
1104 cultivo, maiores serão os benefícios provenientes dos serviços ecológicos que essa
1105 diversidade proporciona. A literatura demonstrou que o aumento da diversidade de
1106 plantas daninhas não necessariamente reduz a produtividade das culturas
1107 (CHAMORRO et al. 2016; GEIGER et al. 2010; PETIT et al. 2015; EMMERSON et al.
1108 2016; KORRES et al. 2019; SOUSA et al. 2020). Esse fato pode ser explicado pela
1109 redução da alta incidência de espécies de alto potencial competitivo, que competem com
1110 as culturas por água, nutrientes e luz. Entretanto, é fundamental o conhecimento das

1111 espécies de plantas daninhas de ocorrência na área, para evitar aquelas que apresentem
1112 elevada habilidade de competição e supressão de outras espécies vegetais, tais como o
1113 crescimento rápido e vigoroso, o que torna a espécie dominante na paisagem, até
1114 mesmo pela liberação de compostos alelopáticos.

1115 O desenvolvimento e distribuição espacial das diferentes espécies de plantas
1116 daninhas em uma comunidade não é uniforme, e essa variabilidade espacial e temporal
1117 torna a competição entre as plantas complexa (BOURGEOIS et al. 2012; MUNIER-
1118 JOLAIN et al. 2013). Essa variabilidade resulta na coexistência de diversas espécies de
1119 plantas daninhas, pois estão adaptadas a coexistência espacial e possuem especialização
1120 na exploração dos recursos disponíveis. Essa observação fica evidenciada com as
1121 análises de sobreposição de nicho e co-ocorrência das espécies deste estudo. Apesar das
1122 espécies de plantas daninhas sobrepõem-se nas épocas de ocorrência, elas não
1123 apresentam significativa interferência na ocorrência temporal das espécies estudadas,
1124 uma vez que isso está mais diretamente relacionado às condições edafoclimáticas da
1125 lavoura, ao ciclo de vida da espécie, a sua estratégia de competição e à suscetibilidade
1126 aos métodos de controle aplicados aquela lavoura (BARBOUR et al. 1999;
1127 MONQUERO, 2014).

1128 Os nichos temporais distintos permitem acesso privilegiado a recursos
1129 compartilhados por períodos limitados durante os quais a competição é reduzida
1130 (CHESSON, 2000). A diferenciação de nicho devido as diferenças funcionais entre as
1131 **espécies**, por exemplo, tipo de metabolismo, é sugerida como mecanismo chave para a
1132 coexistência de **espécies** e a manutenção da diversidade de **espécies** em uma
1133 comunidade (SILVERTOWN, 2004).

1134 A comunidade de plantas daninhas no cultivo de cacaueteiro do presente estudo
1135 apresentou uma relativa diversidade de espécies as quais sobrepõem-se na ocorrência no
1136 tempo, mas de forma aleatória, sem causar competição significativa entre as espécies
1137 por esse nicho. A relativa diversidade e riqueza de espécies pode ser devido às práticas
1138 culturais adotadas na condução da lavoura como irrigação, podas frequentes além do
1139 controle mecânico efetuado para limpeza das plantas daninhas na área amostrada.
1140 Ressalta-se que os parâmetros ecológicos avaliados se apresentam em limiares aos quais
1141 se, medidas de manejo integrado visando a diversificação da comunidade de plantas
1142 daninhas na área não forem adotados, pode ocorrer um total desequilíbrio ecológico,
1143 resultando na ocorrência de apenas duas a três espécies de plantas daninhas na área,
1144 como inclusive foi observado na época 5. Provavelmente, com o passar do tempo,

1145 mesmo com o uso de irrigação, a prática de podas vai resultar em acúmulo de grande
1146 quantidade de mulching orgânico, de alta relação C:N (acima de 30), sobre o solo, o que
1147 vai funcionar como uma barreira à germinação das espécies que estão no banco de
1148 sementes da área.

1149 Dentre as espécies levantadas neste estudo com potencial para tornarem-se as
1150 únicas dominantes existentes na comunidade, destaca-se *Eleusine indica* seguida por
1151 *Amaranthusviridis* e *Bidens pilosa*. Ressalta-se a dificuldade de controle, especialmente
1152 de *E. indica*, e sua predominância no sistema de cultivo pode acarretar aumentos no
1153 custo de produção, assim como redução nos serviços ecológicos do sistema de cultivo.

1154

1155 **Conclusões**

1156

1157 A área estudada com cultivo de cacaueteiro a pleno sol em região de clima
1158 semiárido tem comunidade de plantas daninhas com média diversidade e tendência de
1159 desequilíbrio.

1160 A espécie *Eleusine indica* é a de maior importância na comunidade de plantas
1161 daninhas no cultivo de cacaueteiro a pleno sol e irrigado, em região de clima semiárido.

1162 As épocas com maior similaridade na composição de plantas daninhas foram as
1163 2 (Dezembro/2017) e 3 (Julho/2018).

1164

1165 **Agradecimentos**

1166

1167 À Fundação de Apoio à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação
1168 de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Código de Financiamento 001
1169 (CAPES001) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
1170 (CNPq), pelo apoio financeiro e concessão de bolsas.

1171

1172 **Referências bibliográficas**

1173

1174 AKOBUNDU, I. O. Weed science in integrated pest management. In: Kligman, G. C.;
1175 Ashton, F. M.; Noordhoff, L. J. Weed science in the tropics. Principles e practices. New
1176 York: John Wiley. 1987. p. 1-22.

1177
1178 ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDYAMA, T.; SILVA, A. A.; CARNEIRO, J. E. S.;
1179 CECON, P. R.; ALVES, J. M. A. Interferência de plantas daninhas sobre a
1180 produtividade da mandioca (*Manihotesculenta*). **Planta Daninha**, v.26, n.2, p.279–289,
1181 2008.
1182
1183 BARBOUR, M. T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B. D.; STRIBLING, J. B. 1999. Rapid
1184 bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers. Periphyton, Benthic
1185 Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. Washington: U.S. Environmental
1186 Protection Agency; Office of Water, EPA 841-B-99-002.
1187
1188 BOURGEOIS, A.; GABA, S.; MUNIER-JOLAIN, N.; BORGY, B.; MONESTIEZ, P.;
1189 SOUBEYRAND, S. Inferring weed spatial distribution from multi-type data.
1190 **Ecological Modelling**, v.226, n.10, p.92–98, 2012.
1191
1192 BRAUN-BLANQUET, J. Fitosociologia: Bases para elestudio de las comunidades
1193 vegetales. Madrid: H. Blume. 1979.
1194
1195 BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C.; GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; VOLL, E.
1196 Cadastramento fitossociológico de plantas daninhas na cultura de girassol. **Pesquisa**
1197 **Agropecuária Brasileira**, v.38, n.5, p.651-657, 2003.
1198
1199 CHAMORRO, L.; MASALLES, R. M.; SANS, F. X. Arable weed decline in Northeast
1200 Spain: Does organic farming recover functional biodiversity? **Agriculture, Ecosystems**
1201 **e Environment**, v.223, p.1–9, 2016.
1202
1203 CHESSON, P. Mechanisms of Maintenance of Species Diversity. **Annual Review of**
1204 **Ecology and Systematics**, v.31, n.1, p. 343–366, 2000.
1205
1206 COLEMAN, G. R. Y.; STEAD, A.; RIGTER, M. P.; XU, Z.; JOHSON, D.;
1207 BROOKER, G. M.; SUKKARIEH, S.; WALSH, M. J. Using energy requirements to
1208 compare the suitability of alternative methods for broadcast and site-specific weed
1209 control. **Weed Technology**, v.33, n.4, p.633–650, 2019.
1210

1211 CURTIS, J. T.; MCINTHOSH, R. P. The Interrelations of Certain Analytic and
1212 Synthetic Phytosociological Characters. **Ecology**, v.31, n.3, p.434–455, 1950.
1213

1214 DOSSOU, P. J.; AGOSSOU, H.; LOUGBEGNON, T. O.; BOUKARY, N. I. Effect of
1215 anthropogenic pressure on bird diversity of “Bird Island” in the commune of Karimama,
1216 Benin. **International Journal of Fauna and Biological Studies**, v.7, n.2, p.34–40,
1217 2020.
1218

1219 EGLI, L.; MEYER, C.; CHERBER, C.; KREFT, H.; TSCHAMTKE, T. Winners and
1220 losers of national and global efforts to reconcile agricultural intensification and
1221 biodiversity conservation. **Global Change Biology**, v.24, n.5, p.2212–2228, 2018.
1222

1223 EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação
1224 de solos. 2. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa
1225 Solos, 2006.
1226

1227 EMMERSON, M.; MORALES, M. B.; OÑATTE, J. J.; BATÁRY, P.; BERENDSE, F.;
1228 LIIRA, J.; AAVIK, T.; GUERRERO I.; BOMMARCO, R.; EGGERS, S.; PART, T.;
1229 TSCHAMTKE, T.; WEISSER, W.; CLEMENT, L.; BENGTOSSON, J. Chapter Two -
1230 How Agricultural Intensification Affects Biodiversity and Ecosystem Services.
1231 **Advances in Ecological Research**, v.55, p.43-97, 2016.
1232

1233 FANFARRILLO, E.; KASPERSKI, A.; GIULIANI, A.; ABBATE, G. Shifts of arable
1234 plant communities after agricultural intensification: a floristic and ecological diachronic
1235 analysis in maize fields of Latium (central Italy). **Botany Letters**, v.166, n.3, p.356–
1236 365, 2019.
1237

1238 FANFARRILLO, E.; LATINI, M.; ABBATE, G. Patterns of Co-occurrence of Rare and
1239 Threatened Species in Winter Arable Plant Communities of Italy. **Diversity**, v.12, n.5,
1240 195, 2020. doi:10.3390/d12050195.
1241

1242 FATH, B. D. **Encyclopedia of Ecology**. Elsevier. 2018.

1243
1244 FRIDLEY, J. D.; VANDERMAST, D. B.; KUPPINGER, D. M.; MANTHEY, M.;
1245 PEET, R. K. Co-occurrence based assessment of habitat generalists and specialists: a
1246 new approach for the measurement of niche width. **Journal of Ecology**, v.95, n.4,
1247 p.707–722, 2007.

1248
1249 FRIZZAS, M. R.; OMOTO, C.; SILVEIRA NETO, S.; MORAES, R. C. B. Avaliação
1250 da comunidade de insetos durante o ciclo da cultura do milho em diferentes
1251 agroecossistemas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, p.9-24, 2003.

1252
1253 GEIGER, F.; BENGTSSON, J.; BERENDSE, F.; WEISSER, W. W.; EMMERSON,
1254 M.; MORALES, M. B.; CERYNGIER, P.; LIIRA, J.; TSCHAMTKE, T.; WINQVIST,
1255 C.; EGGERS, S.; BOMMARCO, R.; PART, T.; BRETAGNOLLE, V.;
1256 PLANTEGENEST, M.; CLEMENT, L.W.; DENNIS, C.; PALMER, C.; OÑATE, J. J.;
1257 GUERRERO, I.; HAWRO, V.; AAVIK, T.; THIES, C.; FLOHRE, A.; HANKE, S.;
1258 FISCHER, C.; GOEDHART, P. W.; INCHAUSTI, P. Persistent negative effects of
1259 pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. **Basic
1260 and Applied Ecology**, v.11, n.2, 97-105, 2010.

1261
1262 GOTELLI, N. J.; HART, E. M.; ELLISSON, A. M. EcoSimR: Null model analysis for
1263 ecological data. R package version 0.1.0. 2015.

1264
1265 HOSSAIN, M. R. A.; PRAMANIK, M. M. H.; HASAN, M. M. Diversity indices of
1266 plankton communities in the River Meghna of Bangladesh. **International Journal of
1267 Fisheries and Aquatic Studies**, v.5, n.3, p.330–334, 2017.

1268
1269 ICCO - ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CACAU. 2019. Boletim Trimestral
1270 da ICCO de Estatísticas do Cacau vol. XLIV, No. 4. Disponível em
1271 <https://www.icco.org>. Acesso em 01 de Junho de 2020.

1272
1273 KEDDY, Paul A. *Plants and Vegetation*. 2007. Cambridge: Cambridge University
1274 Press.

1275

1276 KENT, M. **Vegetation Description and Data Analysis: a practical approach**. 2. Ed.
1277 [s.l] John Wiley & Sons, 2011.
1278
1279 KORRES, N. E.; BURGOS, N. R.; TRAYLOS, I.; VURRO, M.; GITSOPOULOS, T.
1280 K.; VARANASI, V. K.; DUKE, S. O.; KUDSK, P.; BRABHAM, C.; ROUSE, C. E.;
1281 SALAS-PEREZ, R. Chapter Six - New directions for integrated weed management:
1282 Modern technologies, tools and knowledge discovery. In: Sparks, D. L. (Ed.), Academic
1283 Press. **Advances in Agronomy**, v.155, p. 243–319, 2019.
1284
1285 LANDIS, D. A. Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem
1286 services. **Basic and Applied Ecology**, v.18, p.1–12, 2017.
1287
1288 LORENZI, H. (2014) Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio
1289 direto e convencional. 7th ed. Plantarum.
1290
1291 LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: Terrestres, aquáticas, parasitas e**
1292 **tóxicas**. 3^a ed. Plantarum, Nova Odessa, Brasil, 2000. 620 pp.
1293
1294 LUDWIG, J. A.; REYNOLDS, J. F. Statistical ecology: a primer on methods and
1295 computing. John Wiley e Sons, INC. 338 p. 1988.
1296
1297 MACARTHUR, R.H.; WILSON, E.O. The theory of island biogeography. Princeton,
1298 New Jersey: Princeton University Press, 1967. 203p.
1299
1300 MONQUERO, P. A. (Org.). Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas. São
1301 Carlos, SP: RiMa, 2014. 400 p.
1302
1303 MUNIER-JOLAIN, N. M.; GUYOT, S. H. M.; COLBACH, N. A 3D model for light
1304 interception in heterogeneous crop: weed canopies: Model structure and evaluation.
1305 **Ecological Modelling**, v.250, p.101–110, 2013.
1306
1307 NEVES, P.; VILA-AIUB, M.; ROUX, F. Evolutionary-thinking in agriculturalweed
1308 management. **New Phytologist**, v.184, n.4, p.783–793, 2009.
1309

1310 ODUM, E. P. **Ecologia** Rio de Janeiro: Interamericana, 1985. 434 p.
1311
1312 ODUM, E. P.; BARRET, G. W. **Fundamentals of Ecology**. 3rd ed. Saunders,
1313 Philadelphia. 1971.
1314
1315 OLADOKUN, M. A. O. Weed control in agroforestry systems. Being the report of a
1316 study carried out at the ICRAF. Nairobi, Kenya. 1989. p.25.
1317
1318 OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.;
1319 MCGLINN, D.; MINCHIN, P.R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.;
1320 STEVENS, M. H. H.; SZOECS, E.; AGNER, H. **Vegan: Community Ecology**
1321 **Package**. R package version 2.5-6. 2019.
1322
1323 PADILHA, M.; BARROSO, A. A. M.; CARVALHO, L. B.; COSTA, F. R.; BIANCO,
1324 S. Atrazine Reduces the Critical Period of Weed Interference on Narrow Row Corn.
1325 **Planta Daninha**, v.34, n.4, p.721–728, 2016.
1326
1327 PANNEK, A.; MANTHEY, M.; DIEKMMAN, M. Comparing resource-based and co-
1328 occurrence-based methods for estimating species niche breadth. **Journal of Vegetation**
1329 **Science**, v.27, n.3, p.596–605, 2016.
1330
1331 PETIT, S.; FRIED, G. Patterns of weed co-occurrence at the field and landscape level.
1332 **Journal of Vegetation Science**, v.23, n.6, p.1137–1147, 2012.
1333
1334 PETIT, S.; MUNIER-JOLAIN, N.; BRETAGNOLLE, V.; BOCKSTALLER, C.;
1335 GABA, S.; CORDEAU, S.; LECHENET, M.; MEZIERE, D.; COLBACH, N.
1336 Ecological Intensification Through Pesticide Reduction: Weed Control, Weed
1337 Biodiversity and Sustainability in Arable Farming. **Environmental Management**, v.56,
1338 n.5, p.1078–1090, 2015.
1339
1340 PIELOU, E.C. **An introduction to mathematical ecology**. Wiley Interscience: New
1341 York, USA. 1969.
1342

1343 R CORE TEAM.R: A language and environment for statistical computing. Vienna,
1344 Austria: R Foundation for Statistical Computing. 2020.
1345
1346 SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.;
1347 LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.;
1348 OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.**
1349 Brasília-DF: Embrapa. 2018.
1350
1351 SILVA NETO, P. J.; ROCHA NETO, O. G.; KATO, O. R. Crescimento e produção do
1352 cacauero em sistemas agroflorestais em função do manejo de plantas daninhas. **Revista**
1353 **de Ciências Agrárias**, n.48, p. 99-112. 2007.
1354
1355 SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARDIN, D.; VILLA NOVA, N. A. *Manual de*
1356 *ecologia dos insetos*. São Paulo: Agronômica Ceres. 1976.
1357
1358 SILVERTOWN, J. Plant coexistence and the niche. **Trends in Ecology e Evolution**,
1359 v.19, n.11, p.605–611, 2004.
1360
1361 SMITH, R. G. A succession-energy framework for reducing non-target impacts of
1362 annual crop production. **Agricultural Systems**, v.133, p.14–21, 2015.
1363
1364 SOUSA, P. H. S.; MENDES, M. R. A.; VAL, A. D. B.; TEIXEIRA, M. C. S. A. Weed
1365 Vegetation Structure in an Area of Organic Acerola Cultivation, Parnaíba, Piauí, Brazil.
1366 **Planta Daninha**, v.38, p.1-8, 2020.
1367
1368 TANVEER, A.; KHAN, M. A.; Ali, H. H.; JAVAID, M. M.; RAZA, A.; CHAUHAN,
1369 B. S. Influence of different environmental factors on the germination and seedling
1370 emergence of *Ipomoea eriocarpa* R. Br. **Crop Protection**, v.130, 105070, 2020.
1371
1372 VALVERDE, B. E.; CHAVES, L. The Banning of Bromacil in Costa Rica. **Weed**
1373 **Science**, v.68, n.3, p.240–245, 2020.
1374

- 1375 VELHO, G.F.; CRUSCIOL, C. A. C.; VELINI, E. D.; CASTRO, G. S. A; BORGHI, E.
1376 Interferência de *Brachiariaplantaginea* com a cultura do arroz, cv. Primavera. **Planta**
1377 **Daninha**, v.30, n.1, p.17–26, 2012.
1378
1379

CAPÍTULO 3

1

2

3 **Variabilidade espacial de atributos do solo em área de cacaueteiro a pleno sol em**

4

região semiárida

5 **(Artigo formatado de acordo com as normas da Revista Brasileira de Fruticultura)**

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27 **Variabilidade espacial e temporal de atributos de solo em área de cacaueteiro a**
28 **pleno sol em região semiárida**

29

30 **Resumo:** Os diversos setores da agricultura não podem ser tratados de maneira
31 homogênea no que diz respeito à aferição de variáveis nas áreas agrícolas. Neste
32 objetivou-se identificar a variabilidade espacial e temporal dos atributos do solo em
33 pomar de cacaueteiro a pleno sol em região de clima semiárido. A coleta das amostras de
34 solo foi realizada em 48 pontos nas profundidades de 0–20 e 20–40 cm. Cada ponto
35 coletado foi georreferenciado, como forma de demarcar a área de estudo e elaborar os
36 mapas de atributos químicos e de fertilidade do solo por meio de ferramentas
37 geoestatísticas. Para determinar a variabilidade espacial considerou-se a teoria das
38 variáveis regionalizadas, a qual dispõe de diferentes métodos de análise de variação
39 espacial, e uma delas é o semivariograma. Em seguida foi realizada a predição de cada
40 atributo em zonas não amostradas por meio de interpolações mediante o uso da
41 krigagem ordinária, representados em mapas de contorno. Existe variabilidade espacial
42 dos atributos físicos, espacial e temporal dos atributos de fertilidade do solo na cultura do
43 cacaueteiro a pleno sol em região de clima semiárido. As recomendações de adubação e
44 práticas culturais podem ser realizadas de forma regionalizada baseando-se nos mapas
45 de variabilidade espacial gerados.

46

47 **Termos para indexação:** *Theobromacacao*; krigagem; fertilidade; geoestatística.

48

49

50

51

52

53

54

55

56 **Spatial variability of soils attributes in full sun cocoa area in semiarid region**

57

58 **Abstract** - The different sectors of agriculture cannot be treated in a homogeneous way
59 with regard to the measurement of variables in agricultural areas. This study aimed to
60 identify the spatial and temporal variability of soil attributes in a cocoa orchard under
61 full sun in a semiarid climate region. Soil samples were collected at 48 points at depths
62 of 0–20 and 20–40 cm. Each point collected was georeferenced as a way to demarcate
63 the study area and prepare maps of chemical attributes and soil fertility using
64 geostatistical tools. To determine the spatial variability, the theory of regionalized
65 variables was considered, which has different methods for analyzing spatial variation,
66 and one of them is the semivariogram. Then, the prediction of each attribute in non-
67 sampled areas was performed through interpolations using ordinary kriging, represented
68 in contour maps. There is spatial variability of physical, spatial and temporal attributes
69 of soil fertility attributes in the cocoa crop under full sun in a semiarid climate region.
70 Fertilizer recommendations and cultural practices can be made regionally based on the
71 generated spatial variability maps.

72

73 **Index terms:** *Theobroma cacao*, kriging; fertility; geostatistics.

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85 **Introdução**

86

87 A produção mundial de cacau correspondeu a aproximadamente 5,0 milhões de
88 toneladas em 2020 (ICCO, 2021). Dentro deste contexto, o Brasil foi o sétimo maior
89 produtor de cacau no ano de 2018, com produção de 180.000 toneladas de amêndoas
90 secas (ICCO, 2021). Os cultivos são predominantes em áreas sombreadas e com alta
91 temperatura e umidade relativa (trópicos úmidos) o que corresponde aos biomas da
92 Mata Atlântica no estado da Bahia e da Floresta Amazônica no estado do Pará.

93 O que se têm observado no Brasil, que atualmente é um importador de
94 amêndoas, e no mundo é uma demanda crescente pela produção de cacau, em especial
95 devido ao aumento do consumo de chocolate. Portanto, existe a necessidade de
96 adequação, modernização e expansão dos sistemas produtivos de cacau no país, o que é
97 viabilizado principalmente a partir de pesquisas que busquem maximizar a capacidade
98 produtiva dos cultivos.

99 Um dos fatores que afetam a produtividade e qualidade das amêndoas do
100 cacau são a fertilidade e textura do solo. A cultura do cacau demanda
101 apropriadas condições químicas e físicas do solo.

102 Os sistemas intensivos de produção de cacau se caracterizam pelo uso elevado
103 de adubação orgânica e mineral que é aplicada em função da fertilidade do solo e da
104 expectativa de produção de amêndoas. Em adição a isto, os diferentes clones têm
105 demanda e exportação de nutrientes diferentes entre si embora as recomendações de
106 adubação não levem em conta o clone específico. A consequência disso é a modificação
107 da fertilidade do solo com o passar do tempo e com as diferentes extrações entre clones
108 e ciclagem de nutrientes.

109 Dentro das possibilidades de modernização da cacauicultura, existem as
110 ferramentas de agricultura de precisão e geoestatística como, por exemplo, a krigagem
111 (VIEIRA, 2000). Estas ferramentas são comumente utilizadas em lavouras extensas
112 como grãos (milho e soja), fibras (algodão) e energia renovável (cana-de-açúcar). No
113 entanto, na fruticultura, que inclui a cacauicultura, estas ferramentas são pouco
114 utilizadas, provavelmente em função dos custos associados, e pelo fato de ser uma
115 tecnologia desenvolvida com aplicações mais voltadas as grandes culturas.

116 Em razão dos avanços tecnológicos na agropecuária, os diversos setores da
117 agriculturanão podem ser tratados de maneira homogênea no que diz respeito à medição

118 de variáveis nas áreas agrícolas. Neste sentido, a variação espacial e temporal de cada
 119 área que compõe a propriedade agrícola deve ser considerada para que se possa ter
 120 melhor aplicação e aproveitamento dos insumos e controle de insetos, doenças e plantas
 121 daninhas, podendo assim melhorar a produtividade, reduzir o custo de produção e o
 122 impacto ambiental causado pela atividade (FARIAS et. al. 2003).

123 Diante disto, objetivou-se com o presente trabalho identificar e analisar a
 124 variabilidade espacial e temporal dos atributos do solo em pomar de cacau cultivado a
 125 pleno sol em região de clima semiárido.

126

127 Material e métodos

128 O experimento foi instalado na área experimental localizada no município de
 129 Janaúba, MG, nas coordenadas geográficas de 15°43'48''S, 43°19'23''W e altitude de
 130 533 m. A visão aérea da área experimental pode ser demonstrada na Figura 1A. O clima
 131 da região é do tipo “Aw” (tropical chuvoso, savana com inverno seco). As condições
 132 climáticas observadas durante a condução do experimento foram obtidas na estação
 133 climatológica localizada no município de Nova Porteirinha, MG, cerca de 8 km do local
 134 do experimento. As características do solo antes da implantação do experimento estão
 135 descritas na tabela 1.

136

137 **Tabela 1** - Características químicas e físicas do solo (camada 0-20 cm) coletado na área de cultivo de
 138 cacauzeiro na região de semiárido antes da implantação do experimento

pH ₁	MO ²	P ³	K ³	Na ³	Ca ⁴	Mg ⁴	Al ⁴	H+Al ⁵	SB	T	T
	dag kg ⁻¹	-- mg dm ⁻³ --	----- cmol _c dm ⁻³ -----								
5,4	0,9	3,7	72,0	0,1	1,3	0,5	0,3	1,8	2,1	2,4	3,9
V	M	B ⁶	Cu ³	Fe ³	Mn ³	Zn ³	Prem ₈	CE	Areia	Silte	Argila
----- % -----			----- mg dm ⁻³ -----				mg L ⁻¹	dS m ⁻¹	----- dag kg ⁻¹ -----		
53,0	13	0,3	0,5	31,3	5,3	0,5	39,6	0,5	64	9	27

139 ¹pH em água; ²Colorimetria; ³Extrator: Mehlich-1; ⁴Extrator: KCl 1mol L⁻¹; ⁵pH SMP; ⁶Extrator: BaCl₂;

140 ⁸Solução equilíbrio de P. SB: Soma de bases; t: CTC efetiva; T: CTC a pH 7; V: Saturação por bases; m:

141 Saturação por alumínio; P-REM: Fósforo remanescente; CE: Condutividade elétrica.

142

143 O plantio do cacauzeiro, no espaçamento de 3 x 2m, foi feito com quebra-ventos
 144 de *Pennisetumpurpureum*, com controle mecânico de plantas daninhas, poda de
 145 formação e manutenção, controle de pragas e controle de sombreamento (Figura 1 A).

146 Passados dois anos do plantio dos clones do cacaueteiro, o bananal foi totalmente
147 eliminado e o experimento passou a ser conduzido na condição de pleno sol. Em maio
148 de 2017 foi realizado o plantio de *Arachispintoi* para manter a cobertura vegetal viva e
149 melhorar as propriedades químicas e físicas do solo. Utilizou-se irrigação por
150 microaspersão. O experimento correspondeu a uma área de 0,22 ha.

151 As coletas foram realizadas em 3 épocas correspondendo a 958, 1111 e 1323 dias
152 após o plantio (DAP), coincidindo com os meses de julho de 2017, dezembro de 2017 e
153 julho de 2018 respectivamente. O delineamento utilizado no experimento foi o de
154 blocos casualizados (DBC) arranjado em esquema de parcelas subdivididas, com três
155 repetições. Nas parcelas alocou-se oito clones de cacaueteiro (SJ 02, CEPEC 2002,
156 CEPEC 2005, CEPEC 2006, PS 1319, Ipiranga, PH 16 e CCN 51) e nas
157 subparcelas duas condições de irrigação 'faixa seca' e 'faixa molhada', totalizando em 48
158 amostras na área estudada (Figura 1B). A 'faixa seca' correspondeu às entrelinhas das
159 plantas onde não estava localizada a mangueira de irrigação e os microaspersores,
160 recebendo em média 25% a menos de lâmina d'água em relação a faixa molhada. A
161 'faixa molhada' correspondeu às entrelinhas das plantas onde estava localizada a
162 mangueira de irrigação e os microaspersores. Cada subparcela foi composta por 3
163 plantas de cacaueteiro do mesmo clone.



164
165 **Figura 1** - Visão geral da aérea da área experimental (A), contorno e distribuição dos pontos de
166 amostragem na área amostral (DATUM - EPSG: 31983 / SIRGAS 2000 UTM ZONA 23S).

167
168 Após as coletas, as amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos e
169 encaminhadas ao laboratório. Para se efetuar as análises químicas as amostras foram
170 secas ao ar, destorroadas, passadas em peneira com malha de 2,0 mm, obtendo-se assim

171 a terra fina seca ao ar (TFSA). Com a TFSA foram feitas as análises de pH em água;
172 fósforo (P), potássio (K), extraídos por Mehlich⁻¹; cálcio (Ca) e magnésio (Mg)
173 extraídos por KCl. Também foram calculados os valores de CTC efetiva (t); CTC a pH
174 7 (T) e saturação por bases (V%) conforme descrito pela Embrapa (2011).

175 A coleta das amostras de solo para determinação dos atributos físicos e químicos,
176 nas profundidades de 0 – 20 cm e de 20 – 40 cm, foi realizada próximo à planta central
177 de cada subparcela. Foram coletadas amostras compostas de solos, formadas por quatro
178 amostras simples, em cada subparcela. Cada ponto coletado foigeorreferenciado, como
179 forma de demarcar a área de estudo e elaborar os mapas de variabilidade dos atributos
180 físicos e químicos por meio de ferramentas geoestatísticas (krigagem ordinária)(Figura
181 1 B).

182 Para a análise estatística dos dados, inicialmente realizou-se estudo exploratório,
183 calculou-se medidas de localização (média, mediana, mínimo e máximo),
184 de variabilidade (coeficiente de variação) e de tendência central (assimetria e curtose)
185 para verificar a normalidade dos atributos avaliados. A hipótese de normalidade dos
186 dados foi verificada com o teste de Shapiro & Wilk (1965) a de 5% de
187 probabilidade. Para a análise do coeficiente de variação (CV), usou-se a classificação de
188 Warrick & Nielsen (1980), com variabilidade baixa para valores < 12%, média
189 para valores entre 12% < CV < 60% e alta para valores > 60%.

190 Para determinar a variabilidade espacial considerou-se a teoria das variáveis
191 regionalizadas, a qual dispõe de diferentes métodos de análise de variação espacial, e
192 uma delas é o semivariograma. Os semivariogramas de cada variável foram obtidos
193 e ajustados aos modelos experimentais linear, esférico, exponencial e gaussiano. Por
194 meio destes modelos foi realizada a predição de cada atributo em zonas não amostradas
195 por interpolações mediante o uso da krigagem ordinária, representados em mapas de
196 contorno.

197 A escolha dos modelos teóricos de semivariogramas foi efetivada observando-se
198 o menor valor da raiz quadrada do erro médio (RQEM) e o maior coeficiente de
199 determinação (R²). Para isto testou-se os modelos esférico, exponencial e gaussiano
200 utilizando o método dos momentos e o método de máxima verossimilhança.

201 O ajuste do modelo de semivariograma escalonado possibilitou definir
202 os seguintes parâmetros: efeito pepita (C0), patamar (C0+C1), alcance (A0) e o grau de
203 dependência espacial (GDE).

204 O grau de dependência espacial dos semivariogramas foi avaliado pelo grau de
205 dependência espacial (GD) segundo os intervalos propostos por Cambardella et al.
206 (1994): $GD < 25\%$ - forte dependência espacial; $25\% < GD < 75\%$ -
207 moderada dependência espacial e $GD > 75\%$ - fraca dependência espacial. O valor de
208 GD é dado pela Eq. 1:

$$209 \text{GD (\%)} = C_0 / C_0 + C_1$$

210 em que:

211 C_0 - efeito pepita

212 C_1 - variância estrutural

213 Para realização das análises e confecção dos mapas, utilizou-se o software R.
214 Para geração dos mapas temáticos utilizou-se o software QGIS.

215

216 **Resultados e discussão**

217

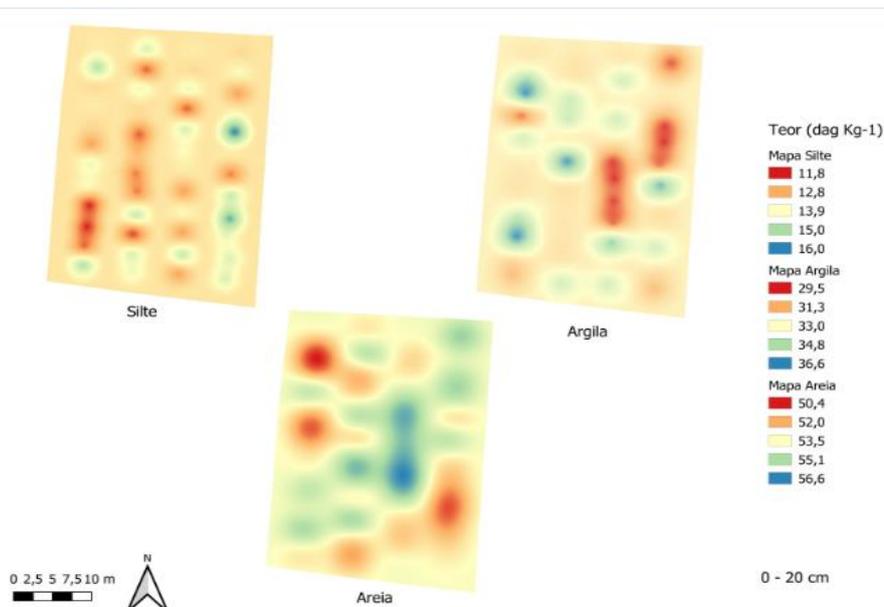
218 Considerando os atributos físicos de textura do solo da área estudada, observou-se
219 que na camada de 0–20 cm, o teor de areia varia de 50,4 a 56,6 dag kg⁻¹, seguido pela
220 variação do teor de argila de 29,5 a 36,6 dag kg⁻¹ e de silte na faixa de 11,8 a 16 dag kg⁻¹
221 (Figura 2). Com estes valores, o solo desta área pode ser classificado quanto a textura
222 na camada como solo franco-argiloso-arenoso. Verifica-se a prevalência dos teores de
223 areia mais elevados (igual ou maior que 55,1 dag kg⁻¹) na área, embora isso não seja
224 suficiente para alterar a classificação textural.

225

226

227

228



229

230

231 **Figura 2** - Teores de areia, silte e argila (dag kg⁻¹) em área de cacaueteiro cultivado a pleno sol na
 232 profundidade de 0 – 20 cm.

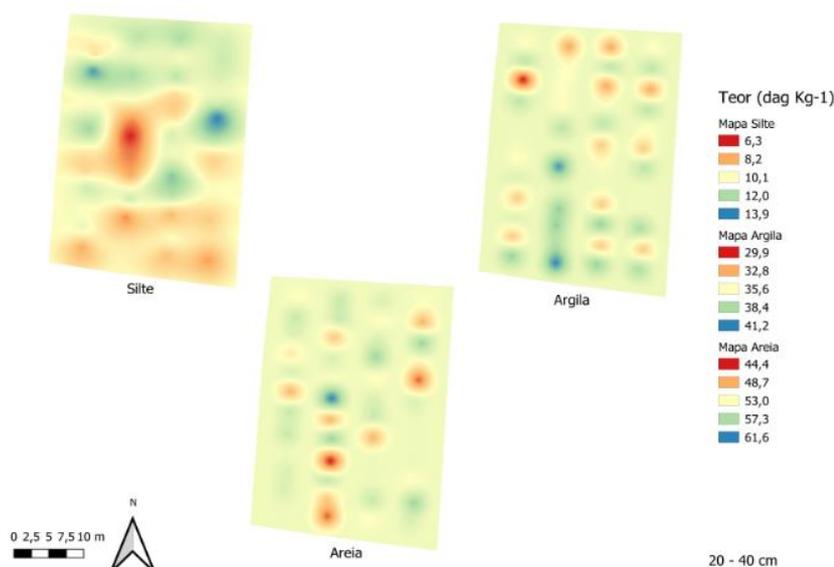
233

234 Na camada de 20–40 cm, o teor de areia varia de 44,4 a 61,6 dag kg⁻¹, seguido
 235 pela variação do teor de argila de 29,9 a 41,2 dag kg⁻¹ e de silte na faixa de 6,3 a 13,9
 236 dag kg⁻¹ (Figura 3). Com estes valores, o solo desta área também pode ser classificado
 237 quanto a textura na camada de 20-40 cm como solo franco-argiloso-arenoso. Percebe-se
 238 que na camada de 20–40 cm, os teores de areia são mais elevados em relação a camada
 239 de 0 – 20 cm, enquanto os teores de silte tendem a ser menores. Entretanto, esta
 240 modificação nos teores de areia e de silte não foram suficientes para modificar a
 241 classificação textural.

242

243

244



245

246 **Figura 2** - Teores de areia, silte e argila (dag kg^{-1}) em área de cacau cultivado a pleno sol na
 247 profundidade de 20 – 40 cm.

248

249 Existem cultivos comerciais de cacau nos mais diversos tipos de solo. Paiva et
 250 al. (2018) reportam que esta variação na classe textural resulta em diferentes repostas
 251 das plantas nos mais diversos ambientes, influenciando, principalmente, a produtividade
 252 da cultura em função da capacidade de armazenamento de água e da proporção do
 253 conjunto de partículas primárias do solo. Geralmente, solos siltosos não são apropriados
 254 ao cultivo de cacau (SOUZA JÚNIOR et al. 1999) havendo redução na produção de
 255 massa seca das raízes da sobrevivência de plantas em campo (MARTINS e AUGUSTO,
 256 2012; SOUZA JÚNIOR e MENEZES, 2000). Por outro lado, os solos adequados ao
 257 cultivo de cacau são aqueles classificados como franco-argilo-arenosos ou argilo-
 258 arenoso(WOOD e LASS, 1985), correspondendo a classificação textural do solo no
 259 presente estudo. Silva (1979) também reporta que as condições adequadas quanto à
 260 textura do solo são aquelas em que o teor de argila no horizonte A varia de 20 a 40 dag
 261 kg^{-1} .

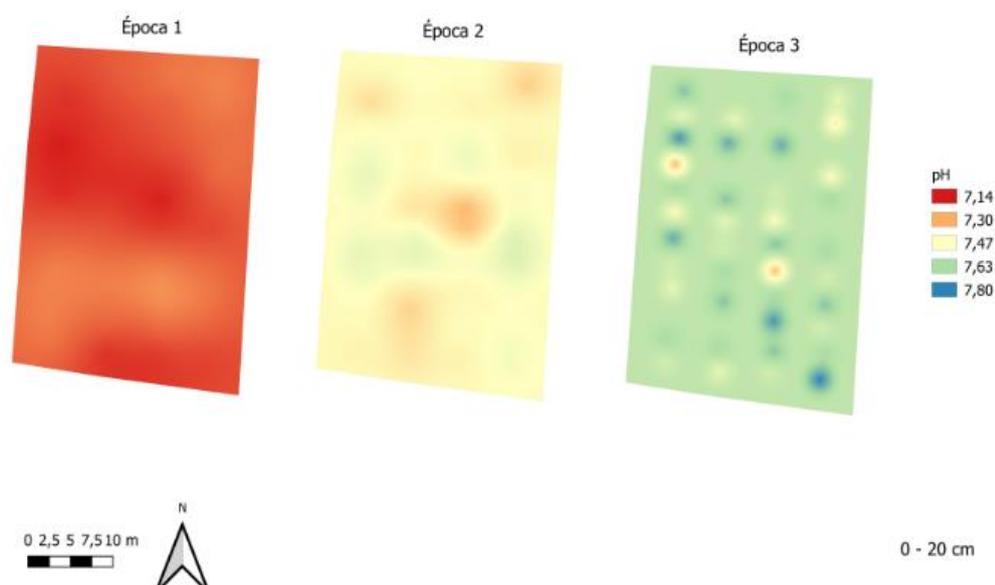
262 O pH do solo em todas as épocas estudadas e nas duas profundidades (0–20 e
 263 20–40 cm) esteve sempre acima do mínimo recomendado para a cultura do cacau que é
 264 de 5,5, sendo a faixa ideal varia de 5,5 a 6,5 (SILVA et al. 1967). Cabe ressaltar que
 265 inicialmente, conforme análise de solo feita antes da implantação do ensaio, o valor de
 266 pH do solo era de 5,4 (Tabela 1) sendo, portanto, inferior ao mínimo recomendado.
 267 Entretanto, existe na literatura a recomendação de que a faixa ideal de pH do solo seja

268 um pouco mais estreita, variando de 5,7 a 6,2 (CHEPOTE et al. 2013; SOUZA JÚNIOR
269 et al. 2018).

270 A irrigação da área tem como fonte de água o Rio Gortuba, uma vez que a
271 Fazenda Experimental está localizada no Perímetro Irrigado Lagoa Grande, e a água de
272 um poço tubular. Como característica da maioria dos poços tubulares da região, destaca-
273 se a presença de CaCO_3 que tem como efeito o aumento do pH e dos teores de Ca no
274 solo. Este fenômeno de aumento do pH do solo tanto na profundidade de 0 – 20 cm
275 quanto na profundidade de 20 – 40 cm foi observado (Figura 4,5).

276 Na camada de 0 – 20 cm, o pH do solo variou de 7,14 a 7,80 (Figura 3). De
277 acordo com Souza Júnior et al. (2018), nesta camada, o valor de pH observado pode ser
278 classificado como muito alto em todas as épocas estudadas. Como consequência dos
279 valores elevados de pH tem a redução da disponibilidade de macro e micronutrientes do
280 solo para a planta resultando e deficiência nutricional. Observou-se ainda que com o
281 passar do tempo, os valores de pH vão aumentando em toda a área, havendo predomínio
282 na última época avaliada (época 3) das faixas de pH mais elevadas (Figura 4).

283
284



285
286 **Figura 4** - pH do solo em 3 épocas de avaliação (Época 1 = Julho de 2017; Época 2 = Dezembro de 2017;
287 Época 3 = Julho de 2018) em área de cacau cultivado a pleno sol na profundidades de 0 - 20 cm.

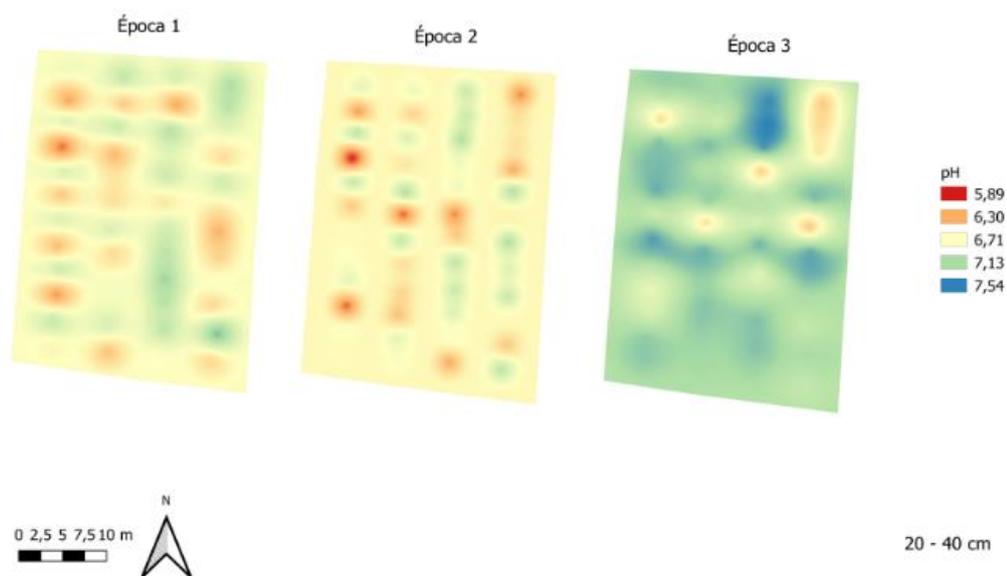
288

289 Assim como observado na camada de 0 – 20 cm, o pH do solo na camada de 20
290 – 40 cm foi aumentando com o passar do tempo (Figura 5). Nesta camada a faixa de pH

291 observada variou de 5,89 a 7,54, sendo que na época 1 havia predomínio na área de
292 valores abaixo de 6,71. Por outro lado, na época 3 houve maior uniformização do pH do
293 solo na área com predomínio dos valores acima de 7,13.

294 De forma semelhante, ao já relatado, este aumento ao longo do tempo é
295 resultado da irrigação em área total com microaspersão da presença de carbonato que
296 influencia este atributo mesmo em subsuperfície. Como manejo, afim de se evitar
297 desequilíbrios nutricionais, recomenda-se a redução da quantidade da água de poço
298 utilizada privilegiando a irrigação com água do Rio Gortuba bem como a fertilização
299 com adubos de reação ácida, especialmente os sulfatos. Existe também a possibilidade
300 de se usar o enxofre elementar.

301



302

303

304 **Figura 5** - pH do solo em 3 épocas de avaliação (Época 1 = julho de 2017; Época 2 = dezembro de 2017;
305 Época 3 = julho de 2018) em área de cacau cultivado a pleno sol nas profundidades de 20-40 cm.

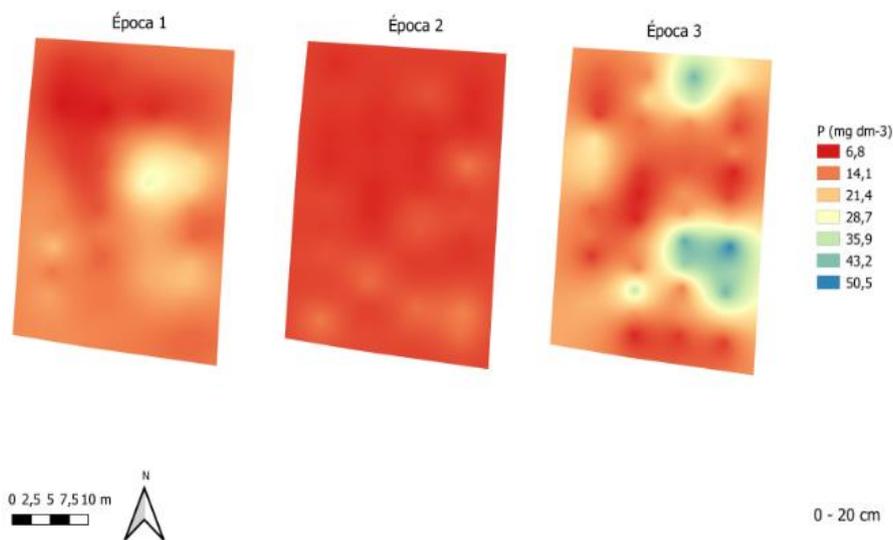
306

307 O P, que é um nutriente essencial e exerce diversas funções metabólicas na
308 planta, é normalmente um elemento que apresenta baixos teores nos solos tropicais.
309 Como recomendação para a cultura do cacau, considera-se adequado o solo com
310 teor de P acima de 8 mg dm⁻³ (SILVA et al., 1967). Percebe-se, portanto, que a área
311 estudada tem predomínio de teor de P, tanto na camada de 0 – 20 quanto na camada de
312 20 – 40 cm, abaixo do valor considerado ideal, especialmente nas épocas 1 e 2 (Figuras

313 6 e 7). De acordo com Souza Júnior et al. (2018), o teor de P no solo (mg dm^{-3} /
314 Mehlich 1) para classificação quanto a este atributo para o cacauzeiro pode ser separado
315 em 4 classes sendo: $< 8 =$ baixo, $8 - 15 =$ médio; $16 - 30 =$ bom; $> 30 =$ muito bom.

316 O teor de P na camada de 0 – 20 cm de solo variou de 6,8 a $50,5 \text{ mg dm}^{-3}$ nas
317 épocas estudadas (Figura 6). Percebe-se o predomínio dos níveis mais baixos de P nas
318 épocas 1 e 2, porém, em razão da adição de adubos minerais fosfatados ao longo do
319 tempo e que foram aplicados manualmente de forma localizada ao redor das plantas,
320 duas vezes por ano, observou-se, especialmente na época 3, a melhoria do teor de P com
321 manchas atingindo valores acima de $35,9 \text{ mg dm}^{-3}$ (classificado como muito bom).
322 Nesta mesma época, percebe-se que a área com teor de P acima de 14,1 passa a ser
323 predominante. Outro ponto de destaque, é que em função da variabilidade espacial do
324 teor de P observada, a recomendação da adubação fosfatada poderia ser recomendada de
325 forma variável na área, otimizando o uso do adubo em questão.

326
327

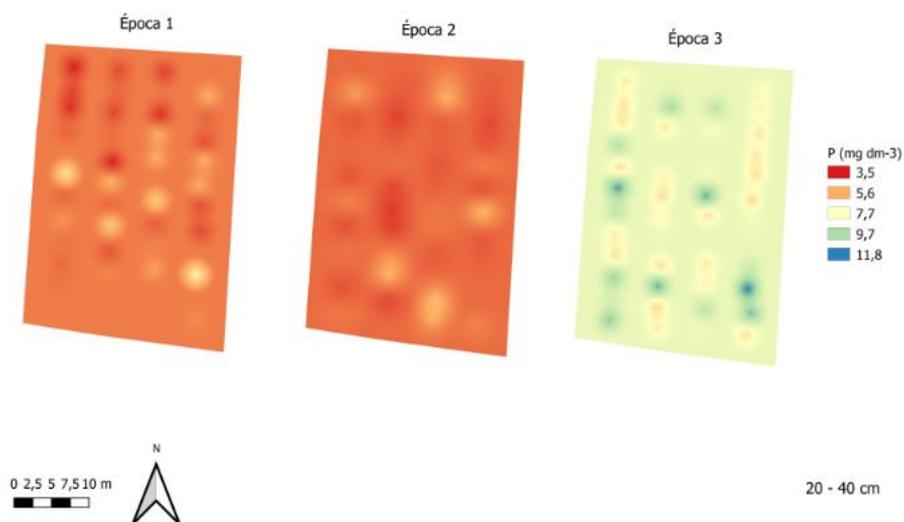


328
329 **Figura 6** Teores de P (mg dm^{-3}) em 3 épocas de avaliação (Época 1 = julho de 2017; Época 2 = dezembro
330 de 2017; Época 3 = julho de 2018) em área de cacau cultivado a pleno sol na profundidade de 0 – 20 cm.

331

332 Quanto a camada de 20 – 40 cm, O teor de P no solo variou de 3,5 a $11,8 \text{ mg}$
333 dm^{-3} nas épocas estudadas (Figura 7), sendo este solo portanto, classificado como de
334 baixo teor de P. O P é um nutriente de pouca mobilidade no solo, sendo absorvido pelas
335 plantas principalmente por difusão. Portanto, a recomendação a aplicação deste

336 fertilizante é feita de forma localizada, ou seja, próximo das raízes. Em razão disso, o
 337 aumento do teor de P na subsuperfície não era esperado. Entretanto, observou-se ao
 338 longo do tempo (época 3) que o teor de P, inicialmente (época 1 e 2) com predomínio de
 339 valores abaixo de 5,6 mg dm⁻³, passou para valores acima de 9,7 na época 3, sendo
 340 assim um solo com teor médio de P e níveis acima do mínimo recomendado. Denotou-
 341 se ainda que na camada de 20 – 40 cm, a variação espacial do teor de P na época 3 é
 342 menor que na camada de 0 – 20 cm.
 343
 344



345
 346 **Figura 7** - Teores de P(mg dm⁻³) em 3 épocas de avaliação (Época 1 = julho de 2017; Época 2 =
 347 dezembro de 2017; Época 3 = julho de 2018) em área de cacau cultivado a pleno sol na profundidade de
 348 20-40 cm.

349
 350 O K é o nutriente mais exigido e absorvido pelo cacauzeiro (CHEPOTE et al.
 351 2012; SOUZA JÚNIOR et al. 2018). Portanto, a necessidade de adubação deste
 352 elemento com as suas diversas fontes deve ser uma prática recorrente nos sistemas
 353 intensivos de produção de cacau a pleno sol. Os teores de K no solo considerados
 354 adequados podem variar de 0,1 a 0,4 cmol_c dm⁻³ (39 - 156 mg dm⁻³) de acordo com
 355 Silva et al. (1967), embora as recomendações mais recentes indiquem valores de K
 356 acima de 0,3 cmol_c dm⁻³ (120 mg dm⁻³) (SOUZA JÚNIOR et al. 2018).

357 Na camada de 0 – 20 cm, o teor de K variou de 115,9 a 404,7 mg dm⁻³ (Figura
 358 8). Sendo desse modo, em todas as épocas avaliadas o teor desse nutriente considerado
 359 bom (90 – 120 mg dm⁻³) ou muito bom (> 120 mg dm⁻³). Como a adubação deste

360 nutriente, na fase produtiva do cacau que incluiu as épocas avaliadas, foi realizada
361 manualmente e uma vez por mês, associado ao fato do solo apresentar inicialmente teor
362 médio de K, os teores na época 1 foram predominantemente muito bons, atingindo na
363 maior parte da área valores acima de $212,2 \text{ mg dm}^{-3}$ com alguns locais atingindo mais
364 de 400 mg dm^{-3} (Figura 8).

365 Entretanto, na segunda época de avaliação (época 2) houve uma redução nos
366 teores de K em toda a área de forma que os valores predominantes ficaram entre 115,9 e
367 164 mg dm^{-3} (Figura 8). Esta redução ocorreu provavelmente pelas chuvas que
368 aconteceram entre as épocas 1 e 2, e que provavelmente levaram a lixiviação deste
369 nutriente para a camada de 20 – 40 cm. Tal fato é corroborado pelo aumento dos teores
370 de K nesta camada observado na época 2 em boa parte da área (Figura 8). Como é de
371 conhecimento, o K apresenta mobilidade no solo, especialmente em solos mais leves e
372 com altos teores de areia, como é o caso do solo da área em estudo.

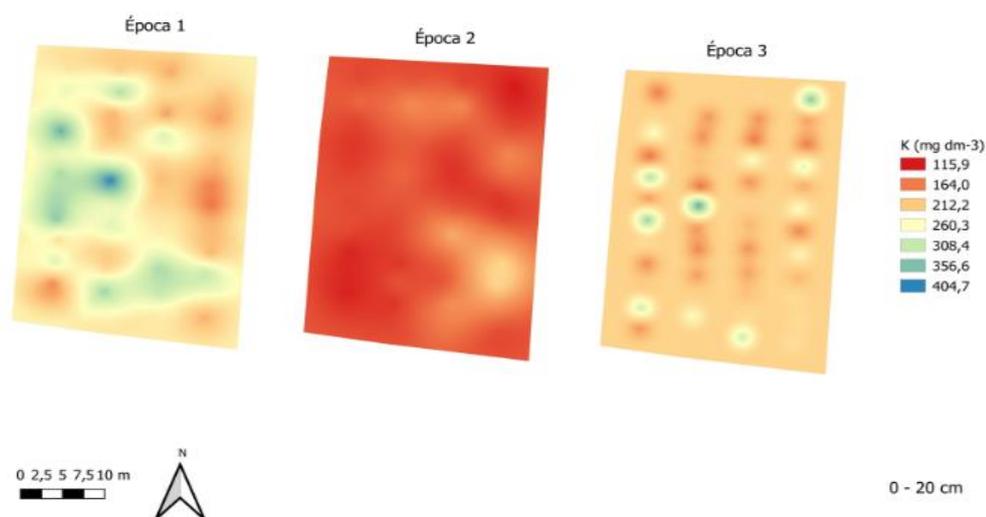
373 Na época 3, houve novo aumento dos teores de K na camada de 0 – 20 cm,
374 resultado das adubações realizadas, com predomínio de valores acima de $212,2 \text{ mg dm}^{-3}$
375 (Figura 8). O manejo de solo e adubação nesta área, considerando a variabilidade
376 espacial do K, pode levar a redução da quantidade aplicada, mesmo para se atingir altas
377 produtividades, o que leva a redução nos custos de produção e no impacto ambiental da
378 atividade.

379

380

381

382



383

384 **Figura 8.** Teores de K(mg dm⁻³) em 3 épocas de avaliação (Época 1 = julho de 2017; Época 2 =
 385 dezembro de 2017; Época 3 = julho de 2018) em área de cacau cultivado a pleno sol na profundidade de 0
 386 – 20 cm.

387

388 Quanto a camada de 20 – 40 cm, o teor de K variou de 57,3 a 358,6 mg dm⁻³
 389 (Figura 9). Inicialmente, ou seja, na época 1, há predomínio de teores abaixo de 157,8
 390 mg dm⁻³. No entanto, em função da adubação e do movimento do K no perfil do solo,
 391 observou-se tanto na época 2 quanto na época 3 o predomínio de valore de teor de K
 392 acima de 157,8 mg dm⁻³ chegando a atingir 358,6 mg dm⁻³ (Figura 9).

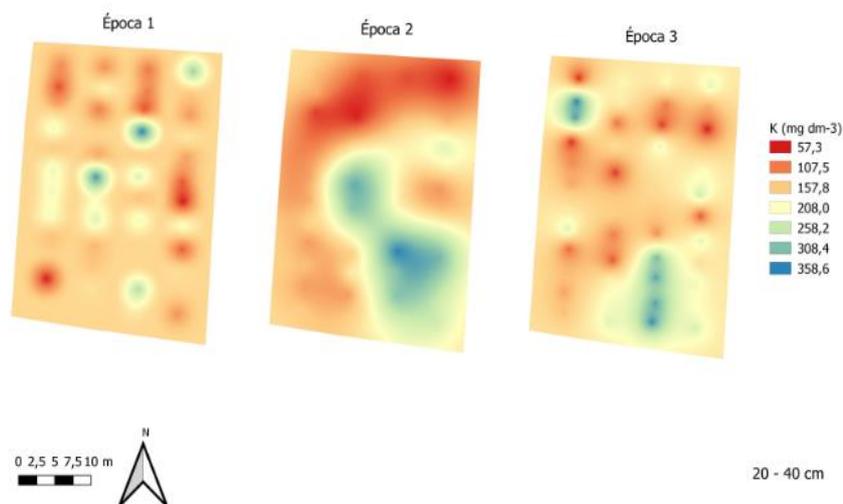
393

394

395

396

397



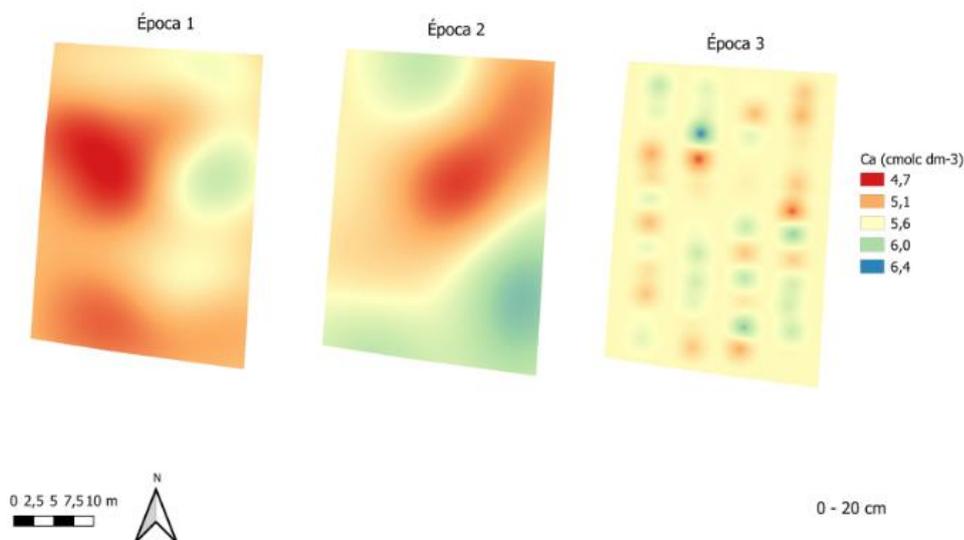
398

399 **Figura 9.** Teores de K(mg dm⁻³) em 3 épocas de avaliação (Époça 1 = julho de 2017; Époça 2 =
 400 dezembro de 2017; Époça 3 = julho de 2018) em área de cacau cultivado a pleno sol na profundidade de
 401 20-40 cm.

402

403 O teor de Ca no solo na camada de 0 – 20 cm variou de 4,7 a 6,0 cmol_c dm⁻³
 404 nas 3 épocas estudadas. Sendo esse considerado adequado para o cacau, já que está
 405 superior a 3,0 cmol_c dm⁻³ (SILVA et al. 1967). Valores acima de 5 cmol_c dm⁻³ são
 406 considerados muito bons, ao passo que entre 3 – 5 cmol_c dm⁻³ são considerados bons
 407 (SOUZA JÚNIOR et al. 2018). Portanto, na camada de 0 – 20 cm da época 1 há um
 408 predomínio de teores de Ca abaixo de 5,1 cmol_c dm⁻³ (Figura 10), mesmo assim
 409 considerado bom para a cultura do cacau. Na época 2 já se observa predomínio de
 410 valores acima de 5,1 cmol_c dm⁻³, atingindo em alguns locais valores acima de 6 cmol_c
 411 dm⁻³ (Figura 10). Na época 3 apenas alguns pontos da área têm teor de Ca próximo a 4,7
 412 cmol_c dm⁻³ e a maior parte da área tem valor de teor de Ca acima de 5,6 cmol_c dm⁻³
 413 (Figura 10). Este aumento do teor de Ca observado ao longo do tempo é resultado do
 414 CaCO₃ presente na água de irrigação, conforme já relatado anteriormente.

415



416

417 **Figura 10.** Teores de Ca (cmol_c dm⁻³) em 3 épocas de avaliação (Época 1 = julho de 2017; Época 2 =
 418 dezembro de 2017; Época 3 = julho de 2018) em área de cacau cultivado a pleno sol na profundidade de 0
 419 – 20 cm.

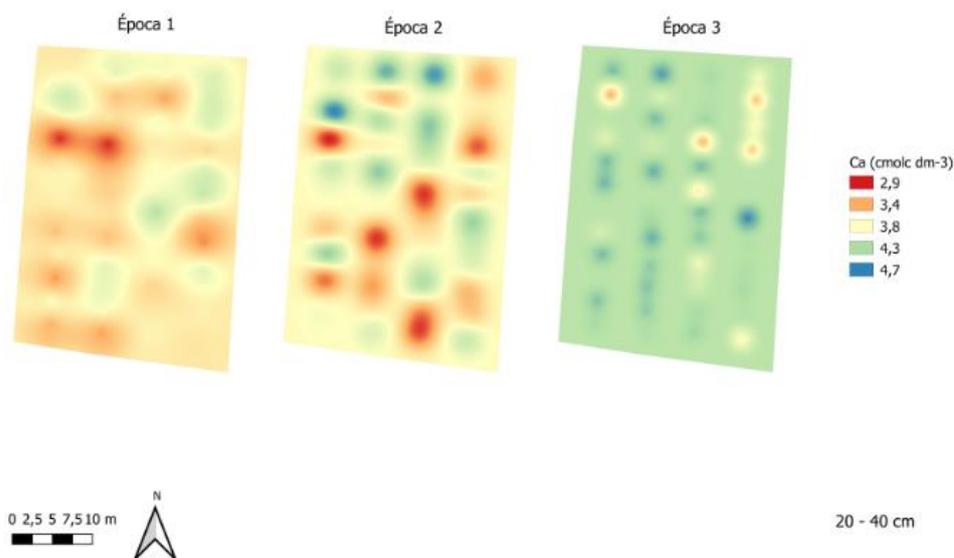
420

421 Assim como observado na camada de 0 – 20 cm, a camada de 20 – 40 cm
 422 também apresentou aumento dos teores de Ca ao longo das épocas avaliadas. Da mesma
 423 forma, resultado da aplicação de CaCO₃ presente na água de irrigação. Embora a
 424 mobilidade do Ca seja baixa no solo, observou-se que neste caso este nutriente se
 425 movimentou em profundidade. Isso pode ter ocorrido em função da precipitação do
 426 CaCO₃ na camada superior (0 – 20 cm) em função do aumento de pH permitindo assim
 427 sua movimentação no horizonte do solo.

428 Na camada 0-40 cm, o teor de Ca no solo variou de 2,9 a 4,7 cmol_c dm⁻³ nas 3
 429 épocas estudadas (Figura 11), sendo classificados como teores médios (1,5 a 2,9 cmol_c
 430 dm⁻³) e bons (3,0 a 5,0 cmol_c dm⁻³) (SOUZA JÚNIOR et al. 2018). Houve predomínio
 431 dos valores de limite inferior observado na época 1. Com o passar do tempo (época 2 e
 432 3) a área foi se tornando mais uniforme quanto ao teor de Ca, havendo predomínio de
 433 valores acima de 4,3 cmol_c dm⁻³ na última época avaliada (Figura 11).

434

435



436

437 **Figura 11.** Teores de Ca($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) em 3 épocas de avaliação (Époça 1 = julho de 2017; Époça 2 =
 438 dezembro de 2017; Époça 3 = julho de 2018) em área de cacau cultivado a pleno sol na profundidade de
 439 20-40 cm.

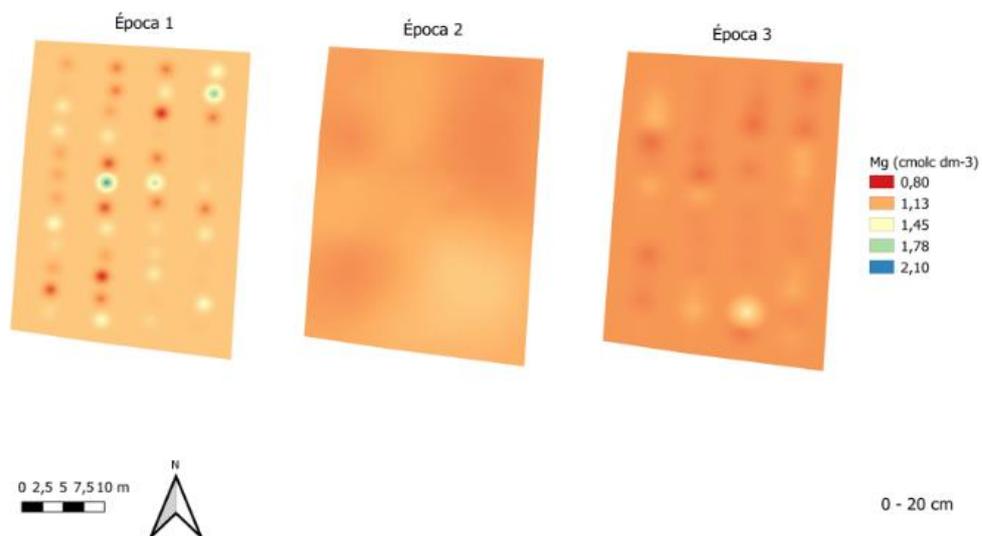
440

441 O teor de Mg observado inicialmente na área foi de $0,5 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (Tabela 1),
 442 sendo que os solos considerados adequados para o cultivo de cacau devem apresentar
 443 acima de $1 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (SILVA et al.,1967), ou entre $1,0$ e $1,6 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (bom), ou
 444 acima de $1,6 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (muito bom) (SOUZA JÚNIOR et al. 2018). Na camada de 0 –
 445 20 cm os teores de Mg, nas 3 épocas avaliadas, variaram de $0,8$ a $2,1 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (Figura
 446 12). Porém, nas 3 épocas, houve predomínio de teores inferiores a $1,13 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$
 447 (Figura 12), valor próximo ou abaixo do limite considerado adequado para o cacauzeiro.
 448 Percebe-se uma tendência de redução no teor de Mg na camada de 0 – 20 cm com o
 449 passar do tempo. Esta redução foi bem pronunciada na camada de 20 – 40 cm entre as
 450 épocas 1 e 2 (Figura 12).

451

452 Como não se realizou calagem antes do plantio, as possíveis fontes de Mg são
 453 os silicatos ou sulfatos. Os mapas ajustados indicam a necessidade de uma atenção para
 454 este nutriente especialmente em razão dos teores observados serem considerados bons
 455 ou até mesmo médios e dos altos teores de Ca e K previamente reportados, uma vez que
 456 estes cátions podem prejudicar a absorção de Mg.

456



457

458 **Figura 12.** Teores de Mg ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) em 3 épocas de avaliação (Époça 1 = julho de 2017; Époça 2 =
 459 dezembro de 2017; Époça 3 = Julho de 2018) em área de cacau cultivado a pleno sol na profundidade de
 460 0 – 20 cm.

461

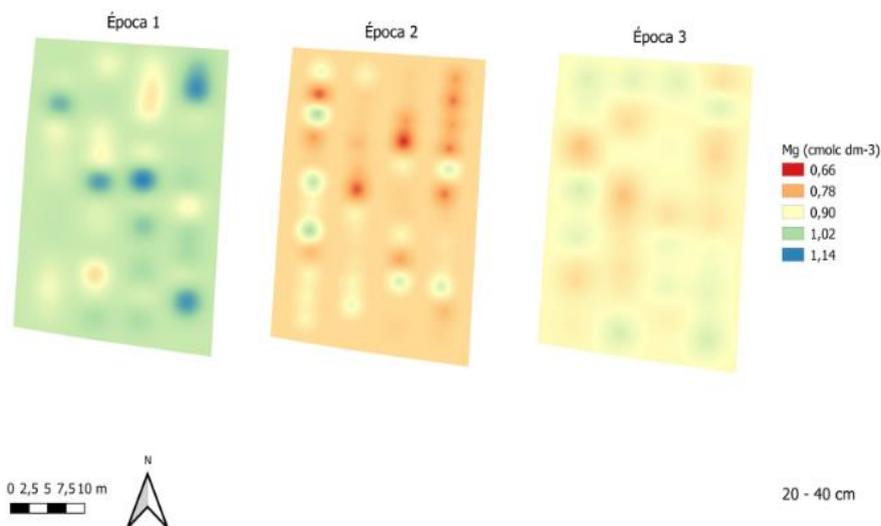
462 Na camada de 20 – 40 cm, os teores de Mg, nas 3 épocas avaliadas, variaram
 463 de 0,66 a 1,14 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (Figura 13). Houve predomínio dos teores de Mg acima de 1
 464 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ na primeira época. Entretanto, observou-se uma redução acentuada nos
 465 teores de Mg na época 2 em relação a época 1 com predomínio dos teores abaixo de
 466 0,78 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Na época 3, há novamente um ligeiro aumento dos teores de Mg sendo
 467 predominante na área estudada valores acima de 0,90 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (Figura 13).

468

469

470

471



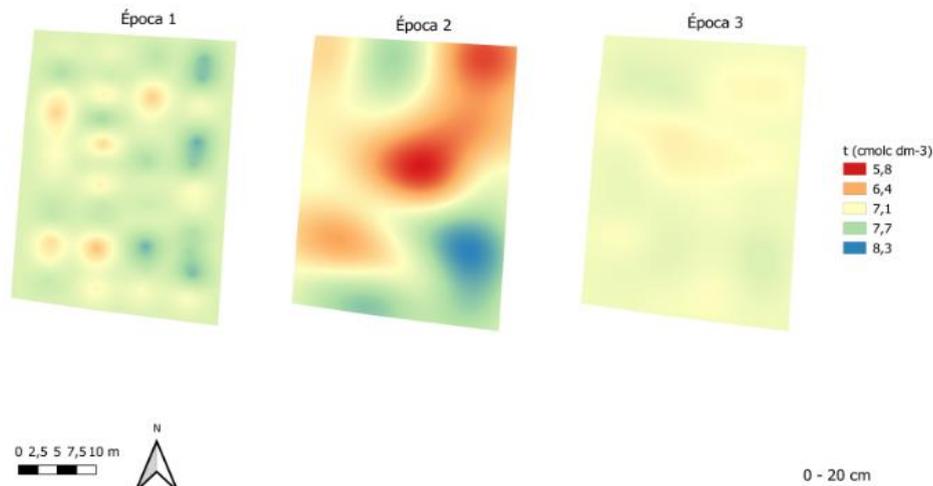
472

473 **Figura 13.** Teores de Magnésio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) em 3 épocas de avaliação (Época 1 = julho de 2017; Época
 474 2 = dezembro de 2017; Época 3 = Julho de 2018) em área de cacau cultivado a pleno sol na profundidade
 475 de 20-40 cm.

476

477 Considerando os valores de CTC efetiva (t) e CTC a pH 7,0 (T) considerados
 478 adequados para a cultura do cacau, destaca-se como valores bons 4,3 a 7,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$
 479 para t e 9,0 a 15,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ para T, e como valores ótimos aqueles acima de 7,0 cmol_c
 480 dm^{-3} para t e acima de 15,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ para T (SOUZA JÚNIOR et al., 2018). Silva et
 481 al. (1967) reportam que o valor adequado de T é $> 8,0 \text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$.

482 Os valores de t e T observados nas camadas de 0 – 20 cm nas 3 épocas
 483 estudadas variaram de 5,8 a 8,3 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ e 6,7 a 9,9 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente
 484 (Figuras 14 e 15). Em ambos os casos houve uma redução dos valores na época 2
 485 seguida por um leve aumento. Na época 1, há um predomínio de valores de t acima de
 486 7,7 cmol_c e de T acima de 8,3 cmol_c . Na época 2, com a redução observada, o
 487 predomínio passou a ser de valores de t menores que 6,4 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ e de T menores que
 488 7,5 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, considerados bons e médios (SOUZA JÚNIOR et al. 2018),
 489 respectivamente (Figuras 14 e 15). Entretanto, em comparação com os valores iniciais
 490 de t (2,4 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e T (3,9 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), descritos na tabela 1, o manejo nutricional, a
 491 aplicação de água com CaCO_3 elevando o pH do solo, a aplicação de adubação orgânica
 492 e a manutenção da liteira, resultado das podas, sobre o solo permitiram o aumento dos
 493 valores de t e T. Na época 3, os valores predominantes de t e T passaram a ser,
 494 respectivamente, acima de 7,1 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ e 8,3 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (Figuras 14 e 15), sendo,
 495 portanto, classificados como muito bom e médio para a cultura do cacau (SOUZA
 496 JÚNIOR et al. 2018).



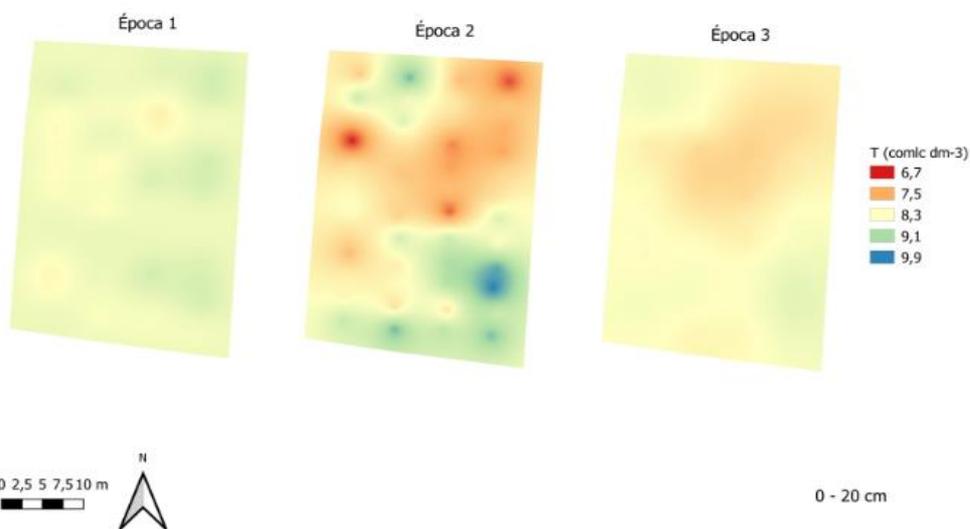
498

499 **Figura 14.** CTC efetiva ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) em 3 épocas de avaliação (Époça 1 = julho de 2017; Époça 2 =
 500 dezembro de 2017; Époça 3 = julho de 2018) em área de cacau cultivado a pleno sol na profundidade de 0
 501 – 20 cm.

502

503

504



505

506 **Figura 15.** CTC a $\text{pH} = 7,0$ ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) em 3 épocas de avaliação (Époça 1 = julho de 2017; Époça 2 =
 507 dezembro de 2017; Époça 3 = julho de 2018) em área de cacau cultivado a pleno sol na profundidade de 0
 508 – 20 cm.

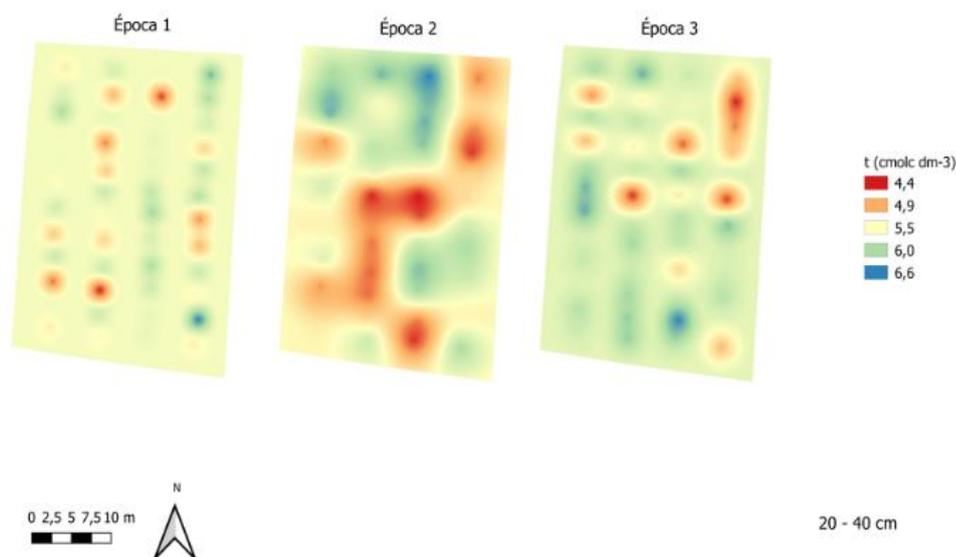
509

510 Na camada de 20 – 40 cm, o comportamento da t e T foi semelhante ao
 511 descrito para a camada mais superficial (0 – 20 cm) porém, com menores valores. Os
 512 valores de t e T observados nas camadas de 20 – 40 cm nas 3 épocas estudadas variaram
 513 de 4,4 a 6,6 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ e 5,9 a 7,8 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente (Figuras 16 e 17). Em

514 ambos os casos houve predomínio dos maiores valores na época 3. Isto se deu
515 provavelmente pelo aumento de pH em profundidade observado (Figura 5) que foi
516 resultado a aplicação de água calcárea proveniente do poço tubular. Na época 2
517 observou-se predomínio dos menores valor de t (inferiores a $4,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) na área,
518 enquanto na época 3 houve predomínio dos valores de t acima de $5,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$,
519 quando se observaram em geral maiores valores de t. Fato semelhante foi observado
520 para T que apresentou predomínio na área dos maiores valores (acima $7,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).
521 A CTC a pH=7,0 (T) apresentou um comportamento de melhoria ao longo das épocas,
522 embora na época 2 tenham sido observadas as maiores regiões com os menores valores
523 ($5,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

524

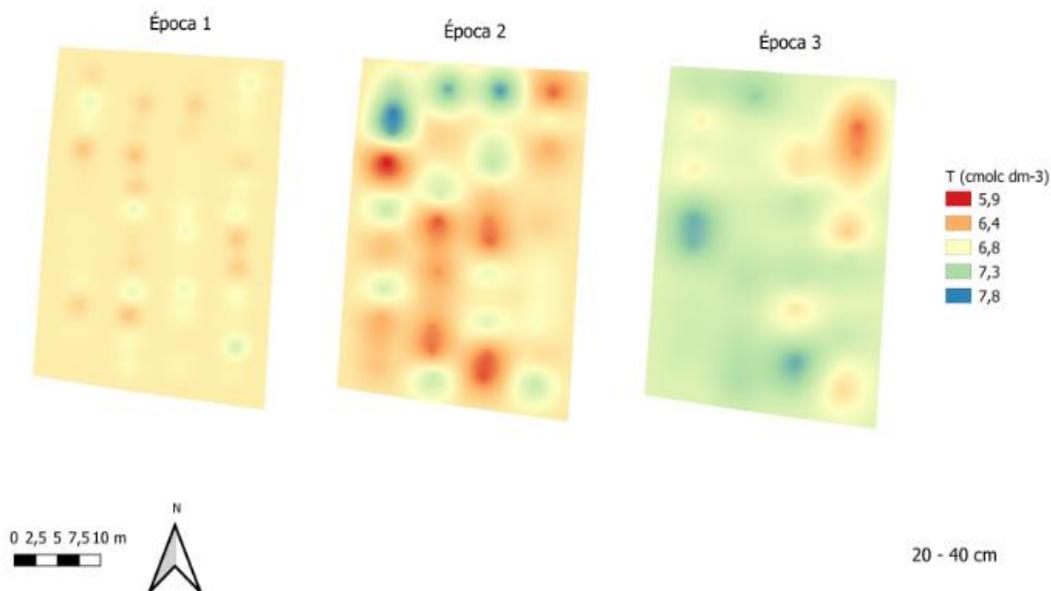
525



526

527 **Figura 16.** CTC efetiva ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) em 3 épocas de avaliação (Época 1 = julho de 2017; Época 2 =
528 dezembro de 2017; Época 3 = julho de 2018) em área de cacau cultivado a pleno sol na profundidade de
529 20 – 40 cm.

530



531

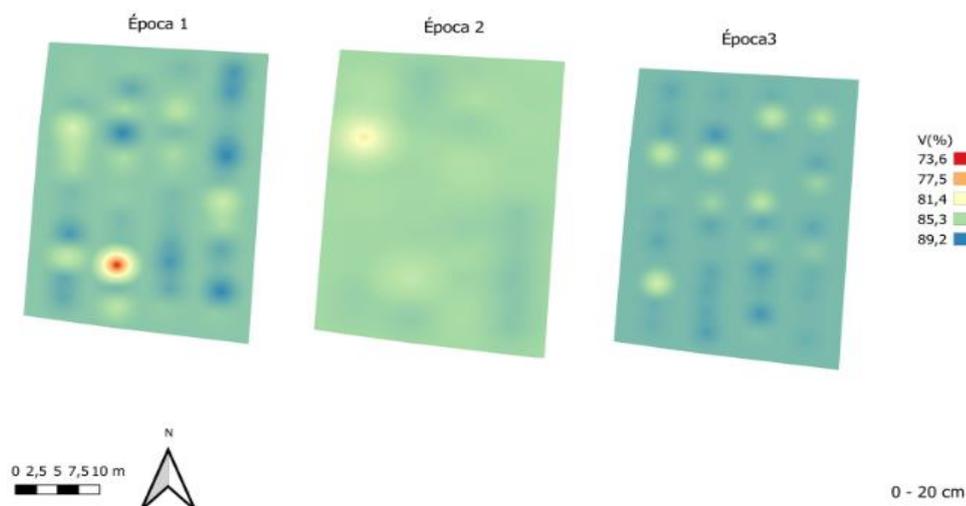
532 **Figura 17.** CTC efetiva ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) em 3 épocas de avaliação (Époça 1 = julho de 2017; Époça 2 =
 533 dezembro de 2017; Époça 3 = julho de 2018) em área de cacau cultivado a pleno sol na profundidade de
 534 20 – 40 cm.

535

536 A saturação por base (V%) observada inicialmente na área foi de 53% (Tabela
 537 1), sendo que os solos considerados adequados para o cultivo de cacau devem
 538 apresentar V (%) acima de 40 (SILVA et al.1967), ou entre 60 e 70 % (bom), ou acima
 539 de 70% (muito bom) (SOUZA JÚNIOR et al. 2018). Na camada de 0 – 20 cm toda a
 540 área estudada apresentou em todas as épocas valores de V acima de 70%. Estes valores
 541 de V, nas 3 épocas avaliadas, variaram de 73,6 a 89,2 % (Figura 18). Portanto, toda
 542 área, nesta profundidade, encontra-se como valores muito bons de V. Os valores
 543 mínimos foram pontuais havendo predomínio de valores de V acima de 85,3% em todas
 544 as épocas estudadas, sendo que na época 3, houve predomínio dos maiores valores,
 545 próximos ou iguais a 89,2 %. Os elevados valores de V observados nas 3 épocas são
 546 resultado das práticas de manejo adotadas e previamente reportadas.

547

548



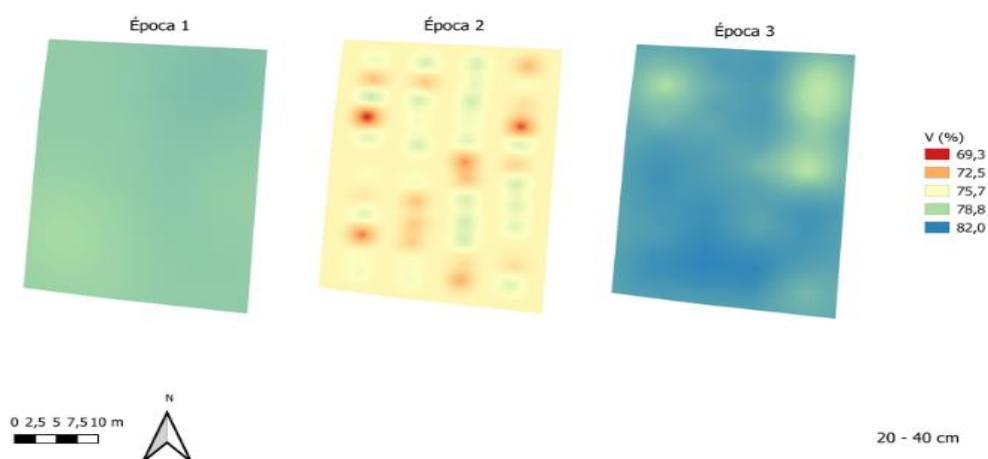
549

550

551 **Figura 18.** Saturação por bases (V %) em 3 épocas de avaliação (Époça 1 = julho de 2017; Époça 2 =
 552 dezembro de 2017; Époça 3 = julho de 2018) em área de cacau cultivado a pleno sol na profundidade de 0
 553 – 20 cm.

554

555 Na camada de 20 – 40 cm, os valores de V, nas 3 épocas avaliadas, variaram de
 556 69,3 a 82 % (Figura 10). Observou-se um decréscimo dos valores de V da época 2 em
 557 relação a época 1 nesta profundidade, quando então nota-se o predomínio dos menores
 558 valores V (abaixo de 75,7%) e regiões com a menor faixa de saturação por bases.
 559 Todavia, na última época avaliada, os valores de V voltaram a subir quando então
 560 observou-se o predomínio dos maiores valores, ou seja, 82% (Figura 19), valor este
 561 considerado muito bom para a saturação por bases em cultivo de cacau.



562

563 **Figura 19.** Saturação por bases (V %) em 3 épocas de avaliação (Époça 1 = julho de 2017; Époça 2 =
 564 dezembro de 2017; Époça 3 = julho de 2018) em área de cacau cultivado a pleno sol na profundidade de
 565 20-40 cm.

566

567 De acordo com Chepote (2009), 75% do sistema radicular do cacauero
568 encontra-se na profundidade de 0 – 20 cm do solo. Este valor pode ser ainda maior em
569 áreas implantadas com mudas provenientes de estacas de ramos plagiotrópicos e
570 irrigadas por microaspersão em região de clima semiárido. Portanto, a maior atenção do
571 ponto de vista de nutrição do cacauero, deve ser dada a esta camada, sem esquecer
572 obviamente da necessidade de formação de raízes em profundidade para melhor fixação
573 das plantas e absorção de água.

574

575 **Conclusões**

576

577 Ocorre variabilidade espacial dos atributos físicos do solo na cultura do
578 cacauero a pleno sol em região de clima semiárido.

579

580 Ocorre variabilidade espacial e temporal dos atributos de fertilidade do solo na
581 cultura do cacauero a pleno sol em região de clima semiárido.

582

583 As recomendações de adubação e práticas culturais podem ser realizadas de
584 forma regionalizada baseando-se nos mapas de variabilidade espacial gerados.

585

586 **Agradecimentos**

587 À Fundação de Apoio à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação
588 de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Código de Financiamento 001
589 (CAPES001) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
590 (CNPq), pelo apoio financeiro e concessão de bolsas.

591

592 **Referências bibliográficas**

593

594 BRANDÃO, M.; BRANDÃO, H.; LACA-BUENDIA, J. P. A mata ciliar do rio
595 Sapucaí, município de Santa Rita do Sapucaí-MG: fitossociologia. **Daphne**, v. 8, n. 4,
596 p. 36-48, 1998.

597 BRIGHENTI, A. M. et al. Cadastramento fitossociológico de plantas daninhas na
598 cultura de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 5, p. 651-657, 2003.

- 599 CURTIS, J.T.; AND R.P. MCINTOSH. **The interrelations of certain analytic and**
600 **synthetic phytosociological characters**. Ecology, 1950.
- 601 CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.;
602 KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil
603 properties in Central Iowa Soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, n.05, p.
604 1501-1511, 1994.
- 605 ERASMO, E. A. L.; PINHEIRO, L. L. A.; COSTA, N. V. Levantamento
606 fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz
607 irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta daninha**, v. 22, n. 2, p.
608 195-201, 2004.
- 609 FARIAS, Paulo Roberto Silva et al. Agricultura de precisão: mapeamento da
610 produtividade em pomares cítricos usando geoestatística. Revista Brasileira de
611 Fruticultura. Sociedade Brasileira de Fruticultura, v. 25, n. 2, p. 235-241, 2003.
612 Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/1449>.
- 613 ODUM, E.P. 1971. **Fundamentals of Ecology**, 3rd Edition, Saunders, Philadelphia.
614 574 pp
- 615 LARA, J. F. R.; MACEDO, J. F.; BRANDÃO, M. Plantas daninhas em pastagens de
616 várzeas no Estado de Minas Gerais. **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 11-20, 2003
- 617 LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: Terrestres, aquáticas, parasitas e**
618 **tóxicas**. 3ª ed. Plantarum, Nova Odessa, Brasil, 2000. 620 pp
- 619 SHAPIRO, S. S. e M. B. WILK (1965) An Analysis of Variance Test for Normality
620 (Complete Samples). Biometrika Trust, London, v. 52, p. 591–609. 3/4 (Dec., 1965).
621 Disponível em Acesso em 24/01/2021.
- 622 TUFFI SANTOS, L. D. et al. Levantamento fitossociológico em pastagens degradadas
623 sob condições de várzea. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 343-349, 2004.
- 624 VIEIRA, S.R., 2000. Geoestatística aplicada à agricultura de precisão. GIS Brasil, 98.
- 625 WARRICK A.W. & NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in
626 the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Application of soil physics**. New York: Academic
627 Press, 1980.
- 628
629
630
631
632
633
634
635
636

CONCLUSÃO GERAL

637

638

639 Os cultivos de cacau em regiões não tradicionais como o semiárido e o cerrado
640 vão exigir a adaptação e a criação de tecnologias específicas para estes ambientes. Em
641 adição a isto existe a necessidade do estudo multidisciplinar dos temas envolvendo a
642 cacauicultura. Considerando o estudo da ecologia de plantas daninhas e o levantamento
643 fitossociológico realizado em área de cacau cultivado a pleno sol em região de clima
644 semiárido, pode-se destacar que existe o predomínio de espécies de plantas daninhas
645 pertencentes às famílias *Poaceae*, *Euphorbiaceae* e *Amaranthaceae*. Além disso, existe
646 alteração da variabilidade de espécies de plantas daninhas ao longo do tempo e à medida
647 que a lavoura de cacau vai ocupando a área e a comunidade tem média diversidade e
648 tendência ao desequilíbrio entre as espécies. Entretanto, dentre todas as espécies, pode-
649 se destacar a *Eleusine indica*.

650

651 Considerando a variabilidade espacial e temporal dos atributos do solo, a área
652 estudada tem solo com classificação textural um solo franco-argilo-arenoso com teor de
653 areia próximo ou superior a 50 dag kg⁻¹. Quanto aos atributos químicos estudados, o
654 cultivo do cacau resultou em melhoria de todos em comparação com a análise inicial
655 realizada. Existe ainda uma tendência da uniformização da saturação por bases na área.
656 Entretanto, em razão da aplicação dos fertilizantes potássicos e fosfatados de forma
657 manual e localizada (próximo às plantas) associada às diferentes demandas nutricionais
658 de cada clone, a variabilidade destes dois nutrientes pode ser aumentada com o tempo, o
659 que demanda um manejo específico. Em razão da aplicação de água calcárea, o pH do
660 solo tanto na camada superficial (0 – 20 cm) quanto na subsuperfície (20 – 40 cm)
661 aumentou consideravelmente atingindo valores que podem levar a desequilíbrios
662 nutricionais. Outro elemento a ser destacado é o Mg, que ao contrário dos demais, tem
663 redução dos teores com o tempo, especialmente na camada de 0 - 20 cm. Esta é uma
664 redução bastante uniforme em toda a área, o que demanda uma atenção no manejo
nutricional que privilegie a aplicação de fontes de Mg em área total.