ANÁLISE ESPACIAL DO CRESCIMENTO DE PLANTAS DE CAFÉ ARÁBICA SOB SISTEMA AGROFLORESTAL NO MACIÇO DE BATURITÉ-CE

Silva, Francisco Bruno Souza[1]
Brito, Antonio Patrick Menezes[2]
António, Paz Paulo[3]
Nogueira, Rafaella Da Silva[4]

RESUMO

A adoção de sistemas agroflorestais é uma opção para mitigar o impacto das mudanças climáticas na produção de café no Brasil. O objetivo deste estudo foi quantificar a variabilidade espacial do desenvolvimento de cafeeiros da espécie arábica sob sistema agroflorestal no Maciço de Baturité-CE. O estudo foi conduzido em um sistema agroflorestal implantado com café (Coffea arabica L.), na Fazenda Experimental Piroás localizada no município de Redenção-CE. O grid amostral foi do tipo regular, em espaçamento de 8x8 m, totalizando 20 pontos georreferenciados. Em cada ponto do grid foram analisadas o diâmetro do caule. Os dados foram submetidos à análise geoestatística para determinação da análise espacial. A variável obteve melhor ajuste com os modelos gaussiano e esférico. Observou-se forte grau de dependência espacial para diâmetro do caule. Os blocos que apresentaram maior luminosidade (Bloco 3 e 4) favoreceram o desenvolvimento das plantas, que apresentaram melhores valores médios nestes blocos e menores valores médios em blocos com índice de luminosidade menor (Bloco 1 e 2).

Palavras-chave: geoestatística; mudanças climáticas; sustentabilidade.

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Desenvolvimento Rural, Discente, franciscobruno@aluno.unilab.edu.br[1]
Universidade federal do Ceará, Departamento de Engenharia Agrícola, Discente, patrick.meneses@ufpe.br[2]
Universidade Estadual de Campinas, Ciências Exatas e da Terra, Discente, pazorigem93@gmail.com[3]
UNILAB, IDR, Docente, rafaellanogueira@unilab.edu.br[4]

ISSN: 2447-6161

INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma importante atividade agrícola que possui contexto histórico e econômico marcante no Brasil. Essa cultura fez com que o país retomasse o crescimento econômico a partir da sua consolidação no mercado devido à crescente demanda comercial por café (MEDEIROS; RODRIGUES, 2017).

Atualmente o Brasil é o país com a maior produção de café no mundo, com uma área que abrange 2,26 milhões de hectares (CONAB, 2023). Dentre as espécies cultivadas de café, destaca-se a *Coffea arabica* e a *Coffea canephora*. No Brasil a principal produção é da primeira espécie, assumindo 81% das áreas destinadas à produção de café em 2022 (CONAB, 2022).

No Estado do Ceará a cafeicultura se estabeleceu na região serrana do Maciço de Baturité que devido à rentabilidade econômica e à elevada produtividade culminou para a região ser a maior produtora de café do estado (RIBEIRO; RUFINO, 2018). Entretanto, o cultivo do cafeeiro necessita de alguns parâmetros para uma adequada produção e produtividade, dentre estas destacam-se a temperatura média que deve estar entre 18 a 22° C, precipitações médias entre 1200 a 1800 mm, baixa incidência de ventos e altitude de 600 a 1200 m (MESQUITA et al., 2016).

Os fatores climáticos e do solo exercem grande influência nos processos fisiológicos do cafeeiro, logo, as atuais mudanças climáticas oferecem riscos à produção do grão de café, o que pode ocasionar perda na produção e na qualidade do fruto nas regiões produtoras (PINHO et al. 2021). Assim, os sistemas agroflorestais surgem como uma resposta sustentável que visa mitigar os impactos ocasionados por essas mudanças (EMBRAPA, 2023). Os benefícios do SAF são descritos por diversos autores, como a redução e controle da temperatura, a melhoria da umidade relativa do ar, promoção de qualidade para o solo e o controle de pragas, além da preservação ambiental (RIBASKI et al., 2001; JONSSON et al., 2015; MEYLAN et al., 2017).

Uma das alternativas utilizadas para auxiliar na mitigação dos impactos das mudanças climáticas é a adoção de geotecnologias que contribui para a realização do monitoramento das culturas (FORMAGGIO; SANCHES, 2017). Atualmente, vários estudos têm adotado a variabilidade espacial em culturas agrícolas para melhor compreender a dinâmica de desenvolvimento, produtividade e nutrição das culturas (TERRA et al., 2014; FERRAZ et al., 2017; BOTELHO et al., 2018; ALEXANDRE et al., 2021; MATTOS et al., 2022). A cafeicultura combinada com a geotecnologia é comumente utilizada no estudo da variabilidade espacial do solo e então na determinação da aplicação de adubos de forma adequada de acordo com a necessidade do solo, auxiliando na obtenção de informações mais precisas, no gerenciamento e monitoramento da lavoura (FERRAZ et al., 2017). Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi quantificar a variabilidade espacial do desenvolvimento de cafeeiros da espécie arábica sob sistema agroflorestal no Maciço de Baturité-CE

METODOLOGIA

A presente pesquisa foi conduzida em um sistema agroflorestal implementado com *Coffea arabica* L., nas dependências da Fazenda Experimental Piroás (FEP) localizado entre as coordenadas geográficas 9537928 S e 521172 W no distrito de Barra Nova no município de Redenção no estado do Ceará (Figura 1). A FEP localiza-se a 15 km do centro da cidade e pertence à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira que está inserida na microrregião do Maciço de Baturité.

Figura 1: Localização da Fazenda Experimental Piroás no município de Redenção - CE.

A cidade de Redenção possui características do bioma Caatinga que de acordo com a classificação

ISSN: 2447-6161

climatológica de Köppen-Geiger, possui clima tropical com inverno seco (Aw) com uma estação chuvosa no verão que ocorre entre janeiro a abril e estação seca no inverno entre os meses de maio a dezembro, a pluviosidade média anual no município é de 1062 mm, com temperaturas médias de 26° a 28° C (IPECE, 2017).

O sistema agroflorestal estudado possui uma área de 33,5 m x 33,0 m e foi implantado entre os meses de dezembro de 2018 a janeiro de 2019. Anteriormente essa área era cultivada com plantas ornamentais em sistema convencional de produção e estava em pousio desde o ano de 2012. Atualmente o sistema agroflorestal é consorciado com cafeeiros da espécie arábica e as seguintes espécies arbóreas: Mimosa ceasalpiniaefolia (Sabiá), Piptadenia macrocarpa (Angico) e Cordia trichotoma (Frei-Jorge).

A análise da variabilidade espacial foi realizada a partir de um grid regular com espaçamento de 8 x 8m totalizando 20 pontos amostrais. Esses pontos foram georreferenciados com o auxílio de um GPS modelo GPSMAP 96c e correspondem às plantas de café analisadas.

Para avaliar o crescimento das plantas de café foi avaliado diâmetro do caule nos pontos amostrais. Para a coleta dos dados referentes aos diâmetros do caule das plantas foi utilizado um paquímetro da marca STAINLESS modelo Hardened e uma trena, e medidos a 5 cm de distância do solo.

As coletas foram realizadas no período de janeiro de 2021 a junho de 2023, sendo feita uma coleta por ano. Os atributos foram identificados da seguinte forma: diâmetro do caule de plantas, DCP1 diâmetro do caule de planta mensurado em 2021, DCP2 diâmetro do caule de planta medido em 2022, DCP3 diâmetro do caule para a coleta realizada no ano de 2023.

.

A variável estudada foi submetida a estatística descritiva para a determinação dos valores de média, mediana, valor máximo, valor mínimo, coeficiente de variação, desvio padrão, assimetria e curtose utilizando o software Surfer 25. Esta variável também foi submetida ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (KS) e Shapiro-Wilk (SW) ao nível de 5% de significância.

A classificação da variabilidade dos atributos foi medida com base no coeficiente de variação (CV) por meio da metodologia descrita por Warrick e Nielsen (1980), na qual CV < 12% (baixa variabilidade espacial); CV 12% a 60% (moderada variabilidade espacial); e CV > 60% (alta variabilidade espacial).

Os semivariograma foi modelado no software ArcGIS 10.8 a fim de verificar a continuidade ou dependência espacial dos dados. Definiu-se os parâmetros do semivariograma por meio do cálculo da semivariância estimada pela equação a seguir:

Equação 1: h=12 N (h) i=1N (h)Z xi- Z (xi + h)2

Sendo (h) a semivariância experimental para uma determinada distância de separação (h), N(h) o número de pares em observações Z (xi)-Z (xi+h) separados por uma distância (h), Z o atributo observado (variável) e xi a posição georreferenciada de Z.

Na modelagem do semivariograma aplicou-se o teste dos três modelos matemáticos, ou seja, o modelo esférico, modelo exponencial e modelo gaussiano. Após realizados os testes escolheu-se o modelo que melhor representou o semivariograma por meio da raiz quadrada do erro médio (RMSE). A partir disso, definiu-se os parâmetros de efeito pepita (C0), patamar (C0 + C) e alcance (A0).

O grau de dependência espacial (GDE) foi determinado segunda Cambardella et al. (1994) que utiliza a relação entre o efeito pepita e patamar por meio da seguinte expressão:

Equação 2: GDE=C0C0+C1×100

Onde GDE é o grau de dependência espacial, C0 é o efeito pepita da semivariância e C0+C1 é o patamar que consiste na semivariância total. Os resultados do parâmetro de comparação GDE são classificados como: dependência espacial forte quando GDE < 25%; dependência espacial moderada com resultado entre 35% e

ISSN: 2447-6161

75% e dependência espacial fraca quando GDE >75%.
Os dados foram interpolados por meio da técnica de Krigagem que utiliza os parâmetros do semivariograma para detecção da variabilidade espacial. Os mapas de isolinhas foram elaborados com auxílio do software ArcGIS 10.8.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O diâmetro do caule aumentou ao longo do tempo com um crescimento de 2,07cm para 3,85cm. Essa variável é uma das que mais influenciam na produtividade do cafeeiro, devido a atividade cambial está ligada a esse parâmetro (SILVA et al., 2023). Valores de diâmetro do caule maiores indicam melhor crescimento da parte aérea de plantas, desta forma melhor produtividade (GOMES; PAIVA, 2012).
Tabela 1: Parâmetros da estatística descritiva para os atributos estudados.

O diâmetro do caule apresentou valores de média e mediana próximos indicando que estes possuem uma tendência de distribuição normal ou simétrica dos dados, de acordo com valores encontrados por Terra et al. (2014) em estudo realizado com pessegueiros, que apresentaram resultados de média e mediana também próximos. Esses parâmetros quando próximos indicam uma tendência de distribuição normal dos dados (OLIVEIRA et al., 2013).
De acordo com os parâmetros de Warrick e Nielsen (1980) os valores de DCP1, DCP2 apresentaram uma moderada variabilidade espacial com CV variando de 23 a 28%. Para as medidas de simetria o DCP2 apresentou simetria unimodal o que indica uma distribuição de dados simétrica, enquanto o DCP1 apresentou assimetria positiva. O coeficiente de curtose indicou que DCP1 apresentou uma distribuição dos dados leptocúrtica (0,13 e 0,22) e o DCP2 uma distribuição platicúrtica (0,68) segundo classificação de Reichardt e Timm (2012). Os testes de normalidade de Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov para as variáveis estudadas, indicaram normalidade nos dados, a significância de 5%. O diâmetro do caule no período de 2021 foi melhor ajustado ao modelo gaussiano, enquanto que em 2023 o modelo esférico promoveu o melhor ajuste (Tabela 2). O alcance para DCP1 e DCP2 foi de 18,49 e 16,17 m respectivamente, demonstrando que a malha amostral foi suficiente para demonstrar a variabilidade espacial dos atributos. Quanto à dependência espacial observou que o diâmetro do caule apresentou forte dependência espacial. A forte dependência espacial indica que a variável estudada está ligada a características espaciais como o solo, a luminosidade e a temperatura (LIMA et al., 2015). Terra et al., (2014) observaram GDE próximo, para o diâmetro do tronco em pessegueiro.
Tabela 2: Parâmetros da estatística descritiva para os atributos estudados.

CONCLUSÕES

Com base nos dados analisados, observou-se um aumento nos valores médios do diâmetro do caule com isso a análise geoestatística permitiu identificar a dependência espacial da variável. A análise da variabilidade espacial demonstrou que as variável diâmetro do caule apresentou um forte grau de dependência.

Portanto, o presente trabalho ressalta a relevância dos sistemas agroflorestais como uma alternativa sustentável para a produção de café, especialmente diante das mudanças climáticas. A inclusão de árvores no sistema pode ajudar a mitigar impactos negativos, como o aumento da temperatura e a diminuição da

ISSN: 2447-6161

disponibilidade de água e é essencial implementar um manejo adequado da luminosidade para assegurar o desenvolvimento ideal das plantas de café.

AGRADECIMENTOS

Ao grupo Topogeo.

REFERÊNCIAS

ALXEDRANDRE, L. M.; BRITO, A. P. M.; SANTOS, I. M. S.; SILVA, F. D. B.; SOUSA, G. G.; NOGUEIRA, R. S. Espacialização da qualidade da água subterrânea destinada a irrigação na comunidade agrícola de Barreiros, Aratuba-CE. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.15, p.36-47, 2021. DOI: 10.7127/rbai.v1501198.

BOTELHO, T. C. A.; OLIVEIRA, F. I. C.; ALEXANDRE, L. M. S.; SILVA, F. D. B.; NOGUEIRA, R. S. Distribuição Espacial da Temperatura e diâmetro do grão de café (Coffea arábica) em Aratuba-CE. V WINOTEC - O seminário brasileiro: Realidades de Perspectivas, Sobral - CE, 2018. Disponível em:

CAJAZEIRA, J. P.; ASSIS JÚNIOR, R. N. de. Variabilidade espacial das frações primárias e agregados de um Argissolo no estado do Ceará. Revista Ciência Agronômica. v. 42, n. 2, p. 258-267, 2011)

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil science society of America journal, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de café. Brasília, DF, v. 10, n. 1, janeiro de 2023.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de café. Brasília, DF, v. 9, n. 4, dezembro de 2022.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Estratégia de recuperação: sistemas agroflorestais - SAF's. Brasília, 2023. Disponível em: https://www.embrapa.br/codigo-florestal/sistemas-agroflorestais-safs. Acesso em: 8 de maio de 2023.

FERRAZ, G. A. e S.; SILVA, F. M. da; OLIVEIRA, M. S. de; CUSTÓDIO, A. A. P.; FERRAZ, P. F. P. Spatial variability of plant attributes in a coffee plantation. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 48, n. 1, p. 81-91, jan. 2017. Trimestral. GN1 Genesis Network. http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20170009.

FRANCO, T. C. R.; FERRAZ, G. A. S; CARVALHO, L. C. C.; SILVA, F. M.; ALVES, M. C.; MARIN, D. B. Spatial variability of soil physical properties in longitudinal profiles. Anais da Academia Brasileira de Ciências, [S.L.], v. 94, n. 2, p. 1-17, 2022. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765202220200411.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. de. Viveiros Florestais: propagação sexuada. Viçosa: UFV, 2011. 116 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção agrícola municipal. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/pesquisa/15/11902. Acesso em: 7 de maio de 2023.

IPECE - INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. Perfil municipal 2017: Redenção. Fortaleza, CE, janeiro de 2018. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Redencao_2017.pdf. Acesso em: 13 de maio de 2023.

JONSSON, M.; RAPHAEL, I. A.; EKBOM, B.; KYAMANYWA, S.; KARUNGI, J. Contrasting effects of shade level and altitude on two important coffee pests. Journal of Pest Science, v. 88, n. 2, p. 281-287, 2015.

LIMA, F. V. de; SILVINO, G. da S.; MELO, R. S. de S.; LIRA, E. C.; RIBEIRO, T. de S. Variabilidade espacial

ISSN: 2447-6161

de atributos físicos do solo em área de encosta sob processo de degradação. Revista Caatinga, v. 28, p.53-63, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/1983- 21252015v28n406rc.

MEDEIROS, R. de V. V.; RODRIGUES, P. M. A. A economia cafeeira no brasil e a importância das inovações para essa cadeia. A Economia em Revista, Maringá, v. 25, n. 1, p. 1-12, jun. 2017. Quadrimestral.

MEYLAN, L.; GARY, C.; ALLINNE, C.; ORTIZ, J.; JACKSON, L.; RAPIDEL, B. Evaluating the effect of shade trees on provision of ecosystem services in intensively managed coffee plantations. Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 245, p. 32-42, 2017.

MONTANARI, R.; PANACHUKI, E.; LOVERA, L. H.; CORREA, A. R.; OLIVEIRA, I. S.; QUEIROZ, H. A.; TOMAZ, P. K. Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e de atributos do solo na região do ecótono Cerrado-Pantanal, MS. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 39, n. 2, p. 385-396, abr. 2015. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbcs20140215.

OLIVEIRA, I. A. de; CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; AQUINO, R. E. de; MARQUES JÚNIOR, J.; NASCIMENTO, E. P. do. Variabilidade espacial de atributos físicos em um cambissolo háplico, sob diferentes usos na região sul do Amazonas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, [S.L.], v. 37, n. 4, p. 1103-1112, ago. 2013. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832013000400027.

REGHINI, F. L.; CAVICHIOLI, F. A. UTILIZAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO NA AGRICULTURA DE PRECISÃO. Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 329–339, 2020. DOI: 10.31510/infa.v17i1.750. Disponível em: https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/750. Acesso em: 12 maio. 2023.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. Variabilidade espacial e temporal de atributos do SSPA. Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Manole, 2012. cap. 17, p. 357- 426.

RIBASKI, J.; MONTOYA, L. J.; RODIGHERI, H. R. Sistemas Agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, p. 61-67, outubro de 2001.

RIBEIRO, S. R. P.; RUFINO, M. do S. M. The agroecological café produced in the serrana region of Baturité, Ceará, Brazil. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 521–530, 2018. DOI: 10.18378/rvads.v13i4.5779. Disponível em: https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/5779. Acesso em: 7 de maio de 2023.

SILVA, G. J. da; ROMÃO, A. P. S.; BARRETO, P. C. C.; BARRETO, L. L.; ARAUJO, A. E. de. DESENVOLVIMENTO DO CAFÉ (COFFEA ARABICA L.) SOB SISTEMA AGROFLORESTAL EM BREJO DE ALTITUDE NA REGIÃO SEMIÁRIDA. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 18, n. 1, p. 112-128, 2023. ISSN: 1980-9735. DOI: https://doi.org/10.33240/rba.v18i1.23736.

TERCEIRO, M. G.; MEIRELLES, F. C.; LEMOS, L. B. Caracteres morfológicos de cafeeiro de porte baixo no primeiro ano de formação em Jaboticabal-SP. Amazonian Journal Of Agricultural And Environmental Sciences, Belém, v. 62, n. 1, p. 1-7, maio 2019.

TRABAQUINI, K.; MIGLIORANZA, É.; FRANÇA, V. de; PEREIRA NETO, O. C. Caracterização de lavouras cafeeiras, utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, no município de Umuarama – PR. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 35, n. 1, p. 35-44, fev. 2011.

WARRICK, A.W., NIELSEN, D.R. 1980. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel, D. (Ed.). Applications of soil physics. New York, USA. p. 319-344.

ISSN: 2447-6161