



ZONEAMENTO DE APTIDÃO À INSTALAÇÃO DE SAF NA REGIÃO NORDESTE DO PARÁ

Hana Sáiumy Favacho dos Santos^{1*}, João Gabriel Ferreira Colares¹, Duanne Karine dos Anjos Colares¹, Camila Vitória Santos Aquino¹, José Maria Franco Santos Junior¹, Wesley Lopes Pinto¹, Yasmim Guedes da Silva¹, Iolanda Laranjeira Mota¹, Antonio Henrique Cordeiro Ramalho¹

Universidade Federal do Oeste do Pará¹

hanasaiumy2003@gmail.com*

RESUMO

Sistemas Agroflorestais (SAFs) contribuem à segurança alimentar, conservação ambiental e redução da pobreza rural na Amazônia. Este estudo mapeou a aptidão para SAFs de cacau e mogno-africano na Mesorregião Nordeste do Pará (82.571 km²; clima Af/Am; relevo de tabuleiros de baixa declividade). Utilizaram-se dados de precipitação e temperatura (WorldClim), malha viária (OpenStreetMap), uso e ocupação do solo (MapBiomass), Modelo Digital de Elevação (SRTM) e mapa de solos (Embrapa), padronizados a 30 m via interpolação IDW. A proximidade a estradas foi calculada por distância euclidiana, e as variáveis edafoclimáticas reclassificadas em graus de pertinência Fuzzy (0–1). As grades foram combinadas por sobreposição Fuzzy Gamma ($\gamma = 0,9$) para gerar mapas de aptidão individuais e, ao cruzá-los, um raster final de consórcio, reclassificado em cinco categorias. Constatou-se que 76,5 % da área apresenta aptidão alta ou muito alta, concentradas a leste; as áreas de baixa aptidão correspondem a leitos de rios e locais com déficit hídrico ou acesso restrito. A lógica Fuzzy revelou-se viável para orientar expansão de SAFs.

Palavras-chave: Sistemas Agroflorestais; Geotecnologias; Lógica Fuzzy; Interpolação IDW.

INTRODUÇÃO

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) são importante instrumento para a garantia da segurança alimentar e nutricional, para a conservação e melhoria ambiental e na luta contra a pobreza rural (CAMARGO *et al.*, 2019). Na Amazônia, há inúmeras experiências de sucesso com SAFs de cacau e madeiras nobres. Nesse sentido, o avanço da pesquisa pode ajudar a identificar áreas carentes de informações e promover consolidação de conhecimento para promover a expansão da prática (BRIENZA *et al.*, 2010; PARAENSE *et al.*, 2022).

Para o sucesso da implantação do sistema é preciso conhecer as condições biofísicas e micrometeorológicas locais. Nesse sentido, o zoneamento ambiental surge como uma excelente ferramenta para identificação de locais adequados para a instalação de SAFs com base em variável edafoclimáticas (ALVES, 2022). Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi elaborar um zoneamento de áreas com aptidão para a implantação de SAFs com Cacau (*Theobroma cacao* L.) e Mogno Africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) na região Nordeste do estado do Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área de estudo

A área de estudo compreende a Mesorregião Nordeste do Pará, localizada entre as coordenadas aproximadas 0°36'S a 2°57'S e 46°08'W a 49°51'W (Figura 1).

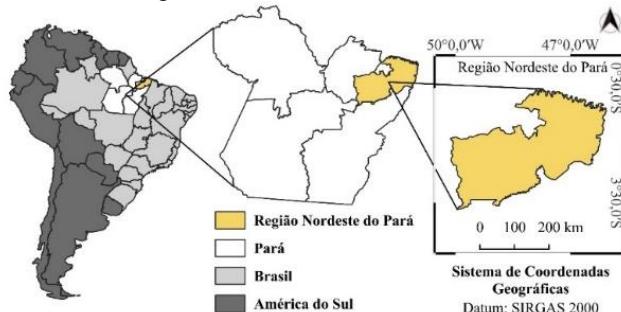


Figura 1. Localização da área de estudo.

Figure 1. Location of the study area.

A área de estudo abrange 5 microrregiões e 49 municípios, totalizando cerca de 82.571 km², com relevo dominado por tabuleiros de baixa declividade (0–3°), amplitude topográfica de 20–50 m e altitude abaixo de 200 m. Segundo Köppen, o clima é do tipo Af/Am, com 9–12 meses chuvosos e umidade excessiva (exceto em Guamá, com déficit grau 2, e Salgado, com excesso grau 3), e precipitação anual média de 1.750–2.500 mm (CODEVASF, 2022; CORDEIRO *et al.*, 2017).

Elaboração do banco de dados

Dados de precipitação (PREC) e temperatura média do ar (TEMP) – série histórica 1960–2018 – foram obtidos no WorldClim, recortados à área de estudo, convertidos ao formato pontual e remostrados por Interpolação por Ponderação Inversa da Distância IDW a 30 m de resolução. A malha viária do *OpenStreetMap* foi recortada ao limite da área para avaliar a logística de insumos e escoamento da produção. O Uso e Ocupação da Terra (UOT) de 2024, foi baixado do *MapBiomass* (30 m de resolução espacial) e reclassificado segundo a aptidão para implantação de SAFs. O Modelo Digital de Elevação (SRTM/NASA) teve falhas dos arquivos corrigidas e, no QGIS, gerou-se o raster de declividade em radianos. Por fim, a classificação de solos da Embrapa, escala 1:5.000.000, (SiBCS, 2006) foi reamostrada por IDW (fator 3) para 30 m.

Processamento

A Distância Euclidiana foi aplicada ao raster de estradas (vetor convertido a 30 m) via ferramenta *Proximity* do QGIS (CHUMA *et al.*, 2021; EUGENIO *et al.*, 2016) para gerar um mapa de proximidade. Com base nas exigências edafoclimáticas de Mogno-Africano e Cacau, cada variável foi reclassificada em escala menos favorável (0) a mais favorável (1), por funções de pertinência *Fuzzy* (ABEDI *et al.*, 2020; RAMALHO, 2020), gerando um mapa por variável e cultura. As grades reclassificadas foram então combinadas por sobreposição *Fuzzy Gamma* ($\gamma = 0,9$; Equação 1), que combina produto e soma algébrica difusa para obter o grau de pertencimento de cada pixel ao conjunto de áreas aptas, produzindo mapas de aptidão para cada cultura, que foram cruzados em um único raster de aptidão ao consórcio Mogno Africano e Cacau.

$$\mu(x) = \left\{ 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \right\}^y \times \left(\prod_{i=1}^n \pi_i \right)^{1-y} \quad (1)$$

Em que: μ_i são os valores de associação difusa para $i = 1, 2 \dots 8$, o n é o número de variáveis no estudo e o y é o valor de coeficiente padrão (0,9).

Por fim, os mapas foram cruzados e o raster resultante foi reclassificado em cinco classes de aptidão para o consórcio: Muito Baixa (0–0,2), Baixa (0,2–0,4), Moderada (0,4–0,6), Alta (0,6–0,8) e Muito Alta (0,8–1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado final do processo está representado no mapa abaixo (Figura 2).

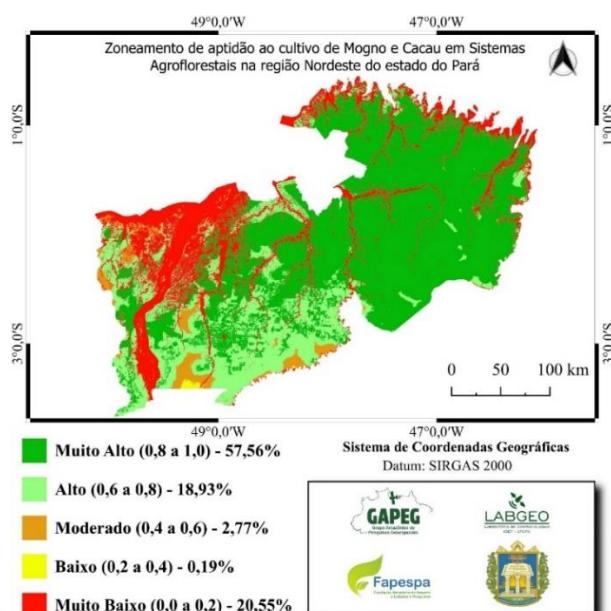


Figura 2. Zoneamento de aptidão a SAF de Mogno e Cacau.

Figure 2. Zoning of SAF suitability for Mahogany and Cocoa.

O zoneamento de aptidão para Sistemas Agroflorestais (SAFs) consorciando Mogno-Africano e Cacau na Mesorregião Nordeste do Pará indicou que 76,49 % da área possui alta (0,6–0,8) ou muito alta aptidão (0,8–1). Essas zonas concentram-se no leste e sudeste, onde solos bem drenados, textura média a argilosa, declividade suave (0–3°) e proximidade (inferior a 2 km) às principais rodovias favorecem o estabelecimento das culturas e a logística de produção.

Cerca de 20,6 % da região foi classificada como de muito baixa aptidão (0–0,2), correspondendo a planícies de inundação, margens de rios e áreas hidromórficas sujeitas a alagamentos, que limitam o crescimento radicular. Áreas de aptidão baixa a moderada (0,2–0,4), somando 2,8 %, sofreram redução devido à maior distância de estradas ou déficit hídrico sazonal, especialmente a sudoeste da mesorregião estudada.

O uso de funções de pertinência *Fuzzy* na reclassificação de temperatura, precipitação, declividade, tipo de solo, uso do solo e proximidade a estradas permitiu representar de modo contínuo a influência de cada critério, evitando divisões abruptas. A sobreposição *Fuzzy Gamma* ($\gamma = 0,9$) integrou essas variáveis heterogêneas, gerando mapas temáticos em alta resolução (30 m) e mais realistas.

Este zoneamento, ao revelar grande disponibilidade de áreas aptas, enfatiza o valor da lógica *Fuzzy* difusa como ferramenta de planejamento territorial e fomento à agricultura sustentável na Amazônia. Os resultados subsidiarão políticas públicas e orientarão produtores na expansão de SAFs, promovendo conservação ambiental, ciclagem de nutrientes e geração de renda rural.

CONCLUSÕES

- O uso da lógica *Fuzzy* para produção de zoneamento de aptidão de múltiplas culturas mostrou-se viável.
- Mais de 50% da região Nordeste do Pará possui aptidão na classe “muito alta” para a implantação de SAF de cacau e mogno-africano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pelo fomento à pesquisa; ao Grupo Amazônico de Pesquisas Geoespaciais (GAPEG) e ao Laboratório de Geotecnologias (LABGEO/IBEF/UFOPA) pelo apoio e pelas valiosas trocas científicas; e à Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) e ao Instituto de Biodiversidades e Florestas (IBEF) pela infraestrutura disponibilizada para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABEDI GHESHLAGHI, H.; FEIZIZADEH, B.; BLASCHKE, T. GIS-based forest fire risk mapping using the analytical network process and fuzzy logic. *Journal of Environmental Planning and Management*, v. 63, n. 3, p. 481–499, 2020.
- ALVES, A. F. Zoneamento Ambiental: ferramenta de ordenamento e gestão ambiental. João Pessoa, PB: **Editora IFPB**, 2022. p. 30-52.
- CORDEIRO, I. M. C. C.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; SCWARTZ, G.; OLIVEIRA, F. de A. Nordeste Paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias. Belém: **Edufra**, 2017. 328 p.
- BRIENZA JÚNIOR, S.; MANESCHY, R. Q.; JUNIOR, M. M.; FILHO, A. B. G.; YARED, J. A. G.; GONÇALVES, D.; GAMA, M. B. G. B. *Sistemas agroflorestais na Amazônia Brasileira: análise de 25 Anos de pesquisas*. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, n. 60, p. 67-76, dez. 2009.
- CAMARGO, G.M.; SCHLINDWEIN, M. M.; PADOVAN, M. P.; SILVA, L. F. DA. *Sistemas agroflorestais biodiversos: uma alternativa para pequenas propriedades rurais*. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, Taubaté, v. 15, p. 34-46, jan. 2019.
- CHUMA, B. G.; CIREZI, C. N.; MONDO, M. J.; MUGUMAARHAHAMA, Y.; GANZA, M. D.; KATCHO, K.; MUSHAGALUSA, N. G.; SCHMITZ, S. Suitability for agroforestry implementation around Itombwe Natural Reserve (RNI), eastern DR Congo: Application of the Analytical Hierarchy Process (AHP) approach in geographic information system tool. *Trees, Forests and People*, v. 6, p. 100125, dez. 2021.
- NASCIMENTO, R. L. X.; SOUZA, C. C.; GRASSI, G.; OLIVEIRA, M. A. N.; Caderno de Caracterização Estado do Pará. Brasília: **Codesvaf**, 2022. 146 p.
- EUGENIO, F. C.; SANTOS, A. R.; FIEDLER, N. C.; RIBEIRO, G. A.; SILVA, A. G.; JUVANHOL, R. S.; SCHETTINO, V. R.; MACATTI, G. E.; DOMINGUES, G. F.; SANTOS, G. M. A. D. A.; PEZZOPANE, J. E. M.; PEDRA, B. D.; BANHOS, A.; MARTINS, L. D. GIS applied to location of fires

detection towers in domain area of tropical forest. **Science of the Total Environment**, [S.L.], v. 562, p. 542–549, 2016.

MAPBIOMAS. Uso e Ocupação da Terra. Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/#>>. Acesso em: 5 de mai. de 2025.

OPENTOPOGRAPHY. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Global [base de dados] <https://portal.opentopography.org/datasetMetadata?otCollectionID=OT.042013.4326.1>. Acesso em: 5 de maio de 2025.

PARAENSE, V. C.; SANCHES, P. A. P.; FREITAS, A. D. D.; SILVA, J. W. P.; Viabilidade econômica de cacaueros em sistemas agroflorestais no projeto de desenvolvimento sustentável Virola Jatobá, Anapu – PA. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 8, n. 9, p. 63270-63285, 21 set. 2022. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv8n9-189>.

RAMALHO, Antonio Henrique Cordeiro. Zoneamento de áreas potenciais para implantação de fomento florestal no estado do espírito santo por intermédio da lógica fuzzy. 2020. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2020.