GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À VIGILÂNCIA FITOSSANITÁRIA DA VASSOURA-DE-BRUXA DA MANDIOCA NO ESTADO DO AMAPÁ

RONALDO BENEDITO DE SOUZA[1], PEDROR VICTTOR COELHO DE SOUZA[2]

[1] Doutorando em Estudos de Fronteira PPGEF pela UNIFAP; Me. Desenvolvimento Regional; Esp. Georreferenciamento e Geoprocessamento; Eng. Florestal, Macapá-AP, ronaldoibama@gmail.com;
[2] Acadêmico em Eng. da Informática pela LUSÓFONA, Lisboa-PORTUGAL, pedrorsouza2006@gmail.com;

RESUMO: A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) constitui uma das principais culturas agrícolas da Amazônia brasileira, desempenhando papel estratégico na segurança alimentar, geração de renda e sustentabilidade dos sistemas produtivos da agricultura familiar. No estado do Amapá, a cultura apresenta elevada relevância econômica e social, sendo responsável pelo abastecimento regional de farinha, fécula, goma, tucupi e outros derivados tradicionais. Entretanto, a confirmação da ocorrência da vassoura-de-bruxa da mandioca, causada pelo fungo *Rhizoctonia theobromae* (sin. *Ceratobasidium theobromae*), estabeleceu um novo cenário fitossanitário para a mandiocultura brasileira. O presente estudo tem como objetivo desenvolver uma proposta metodológica baseada em geotecnologias para apoiar a vigilância fitossanitária da doença no estado do Amapá, integrando informações epidemiológicas oficiais em um Sistema de Informação Geográfica (SIG). A pesquisa caracteriza-se como uma revisão bibliográfica e documental, complementada pela análise espacial de dados disponibilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e pelo Centro de Operações de Emergência Fitossanitária (COE). Os resultados demonstram que a integração entre geoprocessamento, cartografia digital e vigilância epidemiológica amplia a capacidade de monitoramento da doença, favorecendo a identificação de áreas prioritárias para inspeção, a otimização da fiscalização do trânsito de material propagativo e o planejamento de ações preventivas. Conclui-se que as geotecnologias representam importante instrumento de apoio à defesa fitossanitária, contribuindo para a modernização da gestão territorial da sanidade vegetal e para a sustentabilidade da mandiocultura no estado do Amapá.

PALAVRAS-CHAVE: Manihot esculenta; Rhizoctonia theobromae; geoprocessamento; Sistemas de Informação Geográfica; vigilância fitossanitária.

GEOTECHNOLOGIES APPLIED TO THE PHYTOSANITARY SURVEILLANCE OF CASSAVA WITCHES' BROOM DISEASE IN THE STATE OF AMAPÁ

ABSTRACT: Cassava (*Manihot esculenta Crantz*) is one of the most important agricultural crops in the Brazilian Amazon, playing a strategic role in food security, income generation and the sustainability of family farming systems. In the State of Amapá, cassava production represents an essential socioeconomic activity. However, the occurrence of Cassava Witches' Broom Disease, caused by *Rhizoctonia theobromae* (syn. *Ceratobasidium theobromae*), has become a major phytosanitary concern. This study proposes a geotechnology-based methodological framework to support phytosanitary surveillance by integrating official epidemiological data into a Geographic Information System (GIS). The research is based on an official documentary review and spatial analysis of information provided by Embrapa, the Brazilian Ministry of Agriculture and Livestock (MAPA) and the Emergency Phytosanitary Operations Center (COE). Results indicate that the integration of GIS, digital cartography and epidemiological surveillance enhances disease monitoring, supports the identification of priority inspection areas and contributes to decision-making in plant health management. Geotechnologies are therefore an important tool for strengthening phytosanitary surveillance and promoting sustainable cassava production in the Brazilian Amazon.

KEYWORDS: Manihot esculenta; Rhizoctonia theobromae; geoprocessing; Geographic Information Systems; phytosanitary surveillance.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) destaca-se como uma das culturas agrícolas mais relevantes para a Amazônia brasileira, desempenhando funções essenciais na segurança alimentar, geração de renda e manutenção dos sistemas produtivos da agricultura familiar. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024), a cultura está amplamente distribuída em todas as regiões do país, apresentando especial importância econômica e social na Região Norte, onde integra a base alimentar de comunidades rurais, povos indígenas e populações tradicionais. Além do consumo in natura, a mandioca constitui matéria-prima para a produção de farinha, goma, fécula, tucupi e diversos produtos agroindustriais que sustentam economias locais e fortalecem a permanência das famílias no meio rural.

No estado do Amapá, a mandiocultura apresenta características predominantemente familiares, sendo cultivada em pequenas propriedades rurais, assentamentos e comunidades tradicionais. A rusticidade da espécie, associada à adaptação às condições edafoclimáticas amazônicas, favorece sua ampla utilização nos sistemas produtivos regionais. Entretanto, a produtividade da cultura pode ser severamente comprometida pela ocorrência de pragas e doenças, entre as quais se destaca a vassoura-de-bruxa da mandioca, considerada atualmente uma das principais ameaças fitossanitárias à cultura no Brasil (EMBRAPA, 2025a).

A vassoura-de-bruxa da mandioca é causada pelo fungo *Rhizoctonia theobromae* (sin. *Ceratobasidium theobromae*), patógeno responsável por alterações fisiológicas que comprometem o crescimento vegetativo, provocam intensa proliferação de brotações, encurtamento dos entrenós, deformações dos ramos, seca descendente da parte aérea e significativa redução da produtividade das raízes comerciais (EMBRAPA, 2024). Os primeiros registros oficiais da doença no Brasil ocorreram no estado do Amapá, motivando a adoção de medidas emergenciais de vigilância epidemiológica e contenção por parte do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e dos órgãos estaduais de defesa vegetal (BRASIL, 2025a).

Em resposta ao avanço da enfermidade, o MAPA instituiu o Programa Nacional de Prevenção e Controle da Vassoura-de-bruxa da Mandioca, estabelecendo diretrizes para fiscalização do trânsito vegetal, monitoramento epidemiológico, rastreabilidade de material propagativo e fortalecimento da educação fitossanitária (BRASIL, 2025b). Paralelamente, a Embrapa estruturou uma plataforma temática nacional para reunir informações técnicas, protocolos de biossegurança e orientações destinadas aos produtores, extensionistas e profissionais da defesa agropecuária (EMBRAPA, 2025a).

Apesar dos avanços obtidos por essas instituições, observa-se que ainda são reduzidos os estudos que integrem informações epidemiológicas oficiais com ferramentas de geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica voltadas ao planejamento da vigilância fitossanitária. A ausência de modelos espaciais de apoio à tomada de decisão evidencia uma lacuna técnico-científica que limita a utilização das geotecnologias como instrumento de gestão territorial da sanidade vegetal. Nesse contexto, o presente estudo busca contribuir com uma proposta metodológica baseada em geotecnologias aplicadas à vigilância fitossanitária da mandiocultura no estado do Amapá.

Assim, o objetivo geral desta pesquisa é desenvolver uma proposta metodológica baseada em geotecnologias para apoiar a vigilância fitossanitária da vassoura-de-bruxa da mandioca no estado do Amapá, integrando informações epidemiológicas oficiais em ambiente de Sistema de Informação Geográfica. Especificamente, pretende-se caracterizar a situação epidemiológica da doença, analisar sua distribuição espacial, discutir a contribuição das geotecnologias para a defesa fitossanitária e propor um modelo geoespacial aplicável aos programas de vigilância.

A principal contribuição deste trabalho consiste em integrar conhecimentos de engenharia, geografia, fitopatologia e Sistemas de Informação Geográfica em uma proposta metodológica voltada ao fortalecimento da vigilância fitossanitária. Ao utilizar dados oficiais da Embrapa e do MAPA, associados às técnicas de geoprocessamento, o estudo demonstra o potencial das geotecnologias como instrumento de apoio à tomada de decisão, ao planejamento territorial e à formulação de políticas públicas voltadas à proteção da mandiocultura brasileira.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e descritiva, fundamentada em revisão bibliográfica e documental, complementada por análise espacial de dados epidemiológicos oficiais referentes à ocorrência da vassoura-de-bruxa da mandioca (*Rhizoctonia theobromae*) no estado do Amapá. A investigação foi estruturada com o propósito de integrar conhecimentos da fitopatologia, geografia e engenharia, utilizando geotecnologias como instrumento de apoio à vigilância fitossanitária e ao planejamento das ações de defesa agropecuária (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001; GIL, 2008). Nesse contexto, a pesquisa fundamenta-se na utilização de informações produzidas por instituições oficiais responsáveis pelo monitoramento fitossanitário da cultura da mandioca, buscando reunir, organizar e interpretar dados epidemiológicos sob a perspectiva da análise espacial, o que permitiu avaliar a distribuição territorial da doença, identificar padrões espaciais de sua ocorrência e discutir o potencial das geotecnologias como ferramenta estratégica para subsidiar a tomada de decisão pelos órgãos de defesa vegetal, contribuindo para o fortalecimento das ações de monitoramento, prevenção e controle fitossanitário.

A organização cartográfica foi planejada para utilização do software QGIS, ambiente SIG de código aberto amplamente empregado em pesquisas científicas e instituições públicas. Nesse ambiente foram organizadas e integradas diferentes camadas temáticas, incluindo:
1.Limites municipais; 2.Malha rodoviária; 3.Rede hidrográfica; 4.Áreas produtoras de mandioca; 5.Unidades de conservação; 6.Terras indígenas; 7.Registros epidemiológicos da doença.

Como contribuição metodológica, este estudo propõe um modelo integrado de vigilância fitossanitária baseado em geotecnologias, estruturado em sete etapas sequenciais (Figura 1).

Figura 1: Fluxograma metodológico da pesquisa.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A metodologia proposta integra dados epidemiológicos oficiais, cartografia digital e Sistemas de Informação Geográfica em uma abordagem aplicada à defesa fitossanitária. Embora o estudo tenha como foco a vassoura-de-bruxa da mandioca no estado do Amapá, o modelo metodológico desenvolvido possui potencial de adaptação para outras doenças quarentenárias e culturas agrícolas, podendo subsidiar programas de vigilância epidemiológica em diferentes contextos territoriais. Essa característica constitui uma das principais contribuições do presente trabalho, ao aproximar os campos da Engenharia, Geografia e Fitossanidade por meio da aplicação das geotecnologias ao planejamento e à gestão da sanidade vegetal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

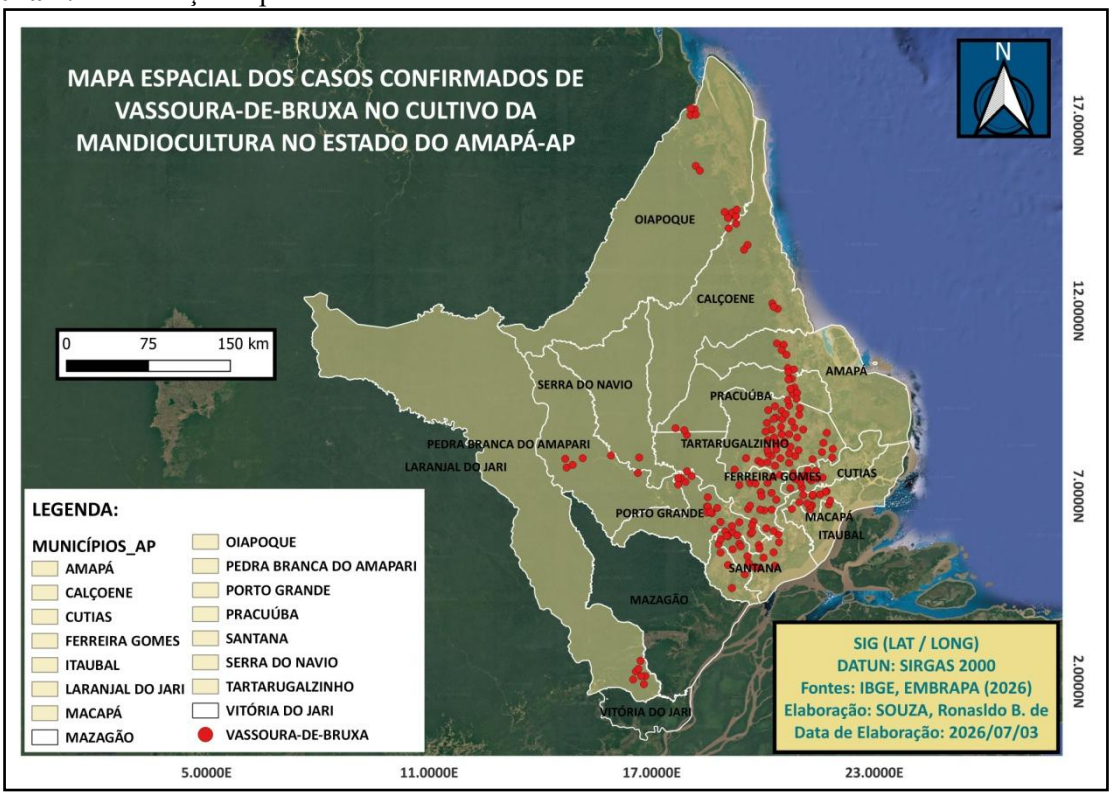
A ocorrência da vassoura-de-bruxa da mandioca no estado do Amapá representa um marco para a fitossanidade brasileira, por constituir o primeiro registro oficial da doença no país. A confirmação da presença do fungo *Rhizoctonia theobromae* despertou preocupação entre pesquisadores, órgãos de defesa agropecuária e produtores, devido ao elevado potencial de disseminação e aos impactos socioeconômicos que a doença pode causar à cadeia produtiva da mandioca (EMBRAPA, 2025a; BRASIL, 2025a). Em resposta, o Ministério da Agricultura e Pecuária,

em parceria com a Embrapa e os órgãos estaduais de defesa agropecuária, intensificou as ações de vigilância epidemiológica por meio da implementação do Programa Nacional de Prevenção e Controle da Vassoura-de-bruxa da Mandioca, contemplando inspeções em propriedades rurais, fiscalização do trânsito de material propagativo, monitoramento laboratorial, capacitação de técnicos e campanhas de educação fitossanitária (BRASIL, 2025b).

Os dados do Centro de Operações de Emergência Fitossanitária (COE) evidenciam a amplitude dessas ações de monitoramento, com a realização de 396 inspeções fitossanitárias em 394 propriedades rurais e a confirmação de 53 casos positivos distribuídos em diferentes municípios do estado do Amapá (BRASIL, 2025c). Esses resultados demonstram a capacidade operacional do sistema oficial de defesa vegetal e reforçam a necessidade de manutenção da vigilância fitossanitária contínua para conter a disseminação da doença e subsidiar estratégias de prevenção e controle.

A Figura 2 apresenta a distribuição espacial dos casos confirmados da doença no estado do Amapá. A representação cartográfica evidencia que a ocorrência da vassoura-de-bruxa não se restringe ao município onde foi inicialmente identificada, mas já apresenta distribuição em diferentes regiões do território estadual, indicando a necessidade de manutenção permanente das ações de monitoramento e controle.

Figura 2: Distribuição espacial dos casos confirmados de vassoura-de-bruxa da mandioca no Amapá.



Fonte: EMBRAPA (2025b). Elaborado pelos Autores, 2026.

A caracterização dos sintomas constitui uma etapa essencial para o diagnóstico preliminar da vassoura-de-bruxa da mandioca em campo, permitindo a identificação precoce de plantas suspeitas e a adoção de medidas de contenção, embora a confirmação da doença dependa de análises laboratoriais (EMBRAPA, 2025a). O fungo *Rhizoctonia theobromae* coloniza os tecidos meristemáticos, provocando intensa emissão de brotações laterais e apicais, encurtamento dos entrenós, deformação dos ramos, redução da dominância apical, clorose foliar, seca dos ponteiros e diminuição do vigor vegetativo, conferindo à planta o aspecto característico de uma "vassoura".

Nos estágios mais avançados da infecção, observa-se crescimento desuniforme, redução da área foliar e comprometimento do desenvolvimento das raízes tuberosas, ocasionando perdas

expressivas de produtividade, especialmente em cultivos destinados à produção de farinha e fécula. A Figura 3 apresenta a comparação entre plantas sadias e infectadas, evidenciando as principais alterações morfológicas decorrentes da ação do patógeno (EMBRAPA, 2025a).

Figura 3: Comparação entre plantas sadias e plantas infectadas pela vassoura-de-bruxa da mandioca.

Fonte: EMBRAPA (2025a). Adaptado pelos autores.

CONCLUSÃO

A análise da distribuição espacial dos registros oficiais demonstrou que a vigilância fitossanitária deve ser conduzida de forma integrada e territorializada, considerando não apenas os municípios com ocorrência confirmada da doença, mas também fatores relacionados ao trânsito de material propagativo, à conectividade entre propriedades rurais, à infraestrutura logística e às características dos sistemas produtivos locais. Essa abordagem amplia a capacidade de compreensão da dinâmica epidemiológica da enfermidade e fornece subsídios para o planejamento mais eficiente das ações de fiscalização, monitoramento e assistência técnica.

Sob a perspectiva metodológica, o presente estudo evidenciou que as geotecnologias constituem ferramentas estratégicas para o fortalecimento da defesa fitossanitária. A utilização integrada de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), geoprocessamento, cartografia digital e bancos de dados espaciais possibilita organizar informações epidemiológicas em ambiente georreferenciado, favorecendo a produção de mapas temáticos, a identificação de áreas prioritárias para inspeção e a otimização da alocação de recursos humanos e financeiros. Essa integração amplia significativamente a capacidade de resposta dos órgãos responsáveis pela sanidade vegetal e fortalece os processos de tomada de decisão baseados em evidências espaciais (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001; CÂMARA; CARVALHO, 2004).

Uma das principais contribuições deste trabalho consiste na proposição de um modelo geoespacial de vigilância fitossanitária, estruturado para integrar informações coletadas em campo, bases cartográficas oficiais e ferramentas de análise espacial em ambiente SIG. Trata-se de uma proposta metodológica que tem potencial para subsidiar futuras iniciativas de modernização dos programas de defesa vegetal, permitindo maior rastreabilidade das ocorrências, atualização contínua das informações epidemiológicas e planejamento mais eficiente das ações de monitoramento.

Sob a ótica da Engenharia, o estudo demonstra que a incorporação das geotecnologias à vigilância fitossanitária fortalece a gestão territorial da sanidade vegetal, promovendo maior integração entre pesquisa científica, a inovação tecnológica e as políticas públicas. A aplicação de

ferramentas geoespaciais contribui para racionalizar recursos, ampliar a eficiência operacional das equipes de fiscalização e apoiar estratégias preventivas voltadas à redução dos riscos de disseminação da doença, em consonância com os princípios da Agricultura Digital e da Agricultura 4.0 (LONGLEY et al., 2015; NOVO, 2010).

Por fim, conclui-se que a integração entre fitopatologia, engenharia, geografia e geotecnologias representa um caminho promissor para a modernização da defesa agropecuária brasileira. Ao propor um modelo conceitual de vigilância geoespacial aplicável à vassoura-de-bruxa da mandioca, este estudo contribui para ampliar o debate sobre o uso das geotecnologias na gestão da sanidade vegetal, oferecendo uma abordagem metodológica que poderá ser adaptada para outras culturas agrícolas e doenças quarentenárias de importância econômica.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Portaria SDA/MAPA nº 1.253, de 14 de março de 2025.** Instala o Centro de Operações de Emergência Agropecuária para resposta à emergência fitossanitária da vassoura-de-bruxa da mandioca. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2025c.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Portaria SDA/MAPA nº 1.257, de 19 de março de 2025.** Institui o Programa Nacional de Prevenção e Controle da Vassoura-de-bruxa da Mandioca. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2025b.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Programa Nacional de Prevenção e Controle da Vassoura-de-bruxa da Mandioca: **Manual de Procedimentos.** Brasília: MAPA, 2025a.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Orgs.). **Introdução à Ciência da Geoinformação.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001.

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S. **Análise espacial de eventos.** In: DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. (Org.). Análise Espacial de Dados Geográficos. Brasília: Embrapa, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Notificação de nova doença: Vassoura-de-bruxa da mandioca causada por **Rhizoctonia theobromae** no Brasil. Brasília: Embrapa, 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Vassoura-de-bruxa da mandioca.** Brasília: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2025a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Programa Nacional de Prevenção e Controle da Vassoura-de-bruxa da Mandioca.** Brasília: Embrapa, 2025b.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal – PAM 2024.** Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Geographic Information Science and Systems.** 4. ed. Hoboken: Wiley, 2015.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações.** 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010.