

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DE CANCRO DO CÓRTEX EM MOGNO AFRICANO (*Khaya ivorensis* A. CHEV.)

**NATÁLIA BATISTA DE SOUZA^{1,2}; MARCELO MARTINS VAZ¹; GUSTAVO
TEIXEIRA DA SILVA OLIVEIRA¹; EDUARDO VIEIRA SILVA¹; FERNANDO
SILVA FIGUEIREDO¹; LEÔNIDAS LEONI BELAN^{1,3}**

AFILIAÇÃO

¹Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL); Centro de Ciências Agrárias (CCA), Avenida Agrária, nº 100, Bairro: Colina Park, 65900-001, Imperatriz - MA.

²Bolsista PIBIC/FAPEMA, graduanda em Engenharia Florestal; ³Orientador do projeto PIBIC/FAPEMA.

RESUMO

No contexto mundial, o gênero *Khaya*, em especial o mogno africano, têm sido amplamente cultivado. No Brasil, do gênero *Khaya*, uma das espécies mais cultivadas é a *Khaya ivorensis*. No entanto, ainda é escasso o conhecimento científico em relação ao manejo fitossanitário da cultura. Há relatos de ocorrência de algumas doenças como podridões, murchas vasculares, manchas foliares, cancro do córtex, entre outras. Dentre as doenças já relatadas, o cancro do córtex (*Lasiodiplodia theobromae*) tem sido identificado com frequência em plantios na região Tocantina do Maranhão. A ocorrência dessa doença nas plantas pode causar danos de natureza estética e tornar a madeira de menor valor comercial. Assim, em função dos danos causados pela doença na cultura e importância do entendimento do padrão de distribuição espacial para auxiliar no manejo, o objetivo com o presente estudo foi caracterizar a distribuição espacial do cancro do córtex em um povoamento de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev). O experimento foi realizado em uma área particular de cultivo do mogno africano com cinco anos de idade. Nessa área, localizada no município de Lajeado Novo - MA as plantas estão distribuídas em espaçamentos de 5,0 x 8,0 m. Nesse talhão de cultivo de mogno africano foi delimitada uma parcela experimental ocupando área aproximada de 4,0 ha. Nessa parcela, traçou-se uma malha regular com 1012 pontos amostrais, distribuídos conforme espaçamento da cultura (5,0 m x 8,0 m). A intensidade da doença foi avaliada a cada três meses e os dados submetidos à análise geoestatística no intuito de verificar a existência e, quando presente, quantificar o grau de dependência espacial. A dependência espacial da doença foi analisada por ajustes de semivariogramas e interpolação dos dados por krigagem. Houve epidemia da doença e foi caracterizada dependência espacial para a distribuição da intensidade da doença no povoamento florestal. A dependência espacial foi caracterizada como fraca, com alcance ou raio de agregação de, em média, 29,93 m. O padrão de distribuição espacial foi agregado e representado na forma de mapas.

PALAVRAS-CHAVE: Geoestatística; *Lasiodiplodia theobromae*; Manejo.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

INTRODUÇÃO

As espécies do gênero *Khaya*, de origem africana, são conhecidas no Brasil por mogno africano. O gênero faz parte da família *Meliaceae*, reconhecida mundialmente por suas madeiras de alta qualidade e boa adaptabilidade de suas espécies às regiões tropicais (Pennington e Styles, 1975). Atualmente, esse mercado está em ascensão no Brasil. Em 2018, a estimativa da área plantada do gênero *Khaya* era de mais de 60.000 hectares (Frank Jr., 2023).

No entanto, ainda é escasso o conhecimento científico em relação ao manejo fitossanitário da cultura (Tremacoldi et al., 2013). Há relatos de ocorrência de algumas doenças como podridões, murchas vasculares, manchas foliares, cancro do córtex, entre outras (Ribeiro et al., 2021; Reis et. al., 2019; Vaz e Belan, 2022). Dentre as doenças já relatadas para o mogno africano, o cancro do córtex (*Lasiodiplodia theobromae* Pat.) foi relatado pela primeira vez em 2013 na cidade de Dom Eliseu – PA (Tremacoldi et al., 2013) e tem sido identificado com frequência em plantios na região Tocantina do Maranhão (Vaz et al., 2021; Vaz e Belan, 2022).

A ocorrência dessa doença nas plantas torna a madeira de menor valor comercial por causar danos de natureza estética (Guimarães, 2007; Webber et al., 2020) e redução no desenvolvimento das plantas. Webber et al. (2020) recomendam como prática de manejo a raspagem do local da doença. Essa prática de manejo deve ocorrer de forma localizada apenas nas plantas com sintomas. Logo, é necessário conhecer a distribuição espacial das plantas doentes para orientar os produtores quanto ao local(is) para executar essas práticas (Martins et al., 2017; Webber et al., 2020; Amorim et al., 2018).

Assim, em função dos danos causados pela doença na cultura e importância do entendimento do padrão de distribuição espacial para auxiliar no manejo, o objetivo com o presente estudo foi caracterizar a distribuição espacial e temporal do cancro do córtex em um povoamento de mogno africano (*K. ivorensis* A. Chev.).

METODOLOGIA

O experimento foi realizado em uma área particular de cultivo do mogno africano, com 5 anos de idade, localizada no município de Lajeado Novo - MA. Nessa área, as plantas estão distribuídas em espaçamentos de 5,0 x 8,0 m. A região possui clima tropical semi-úmido, com temperaturas médias maiores que 18°C em todos os meses do ano (IBGE, 2002).

Nesse talhão de cultivo de mogno africano foi delimitada uma parcela experimental ocupando área aproximada de 4,0 ha. Nessa parcela, traçou-se uma malha regular com 1012

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

pontos amostrais, distribuídos conforme espaçamento da cultura (5,0 m x 8,0 m). Cada ponto amostral é composto por uma planta de mogno africano. O georreferenciamento dos pontos amostrais foi realizado em sistema de coordenadas (x;y). Para tal fim, foi considerado um dos vértices da parcela como coordenada (0;0), e dessa forma, para o ponto amostral localizado na primeira linha e primeira coluna foi dado a coordenada (5; 8).

As avaliações da doença no campo ocorreram trimestralmente. Para a avaliação da intensidade da doença, as árvores foram classificadas quanto a presença ou ausência da doença. Nas árvores sintomáticas foi avaliado a severidade da doença utilizando uma escala diagramática proposta por Ferraz filho e Ribeiro (2019). Nessa escala, o intervalo de valores é de 0 a 3, sendo 0 (zero) para as plantas assintomáticas e os valores mais altos indicam maior severidade da doença.

Após uma análise exploratória dos dados, esses foram submetidos à análise geoestatística no intuito de verificar a existência e, quando presente, quantificar o grau de dependência espacial. A dependência espacial da doença foi analisada por meio de ajustes de semivariogramas com os métodos clássico e robusto, com base na pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca (Robertson, 2000; Diggle e Ribeiro, 2007).

Para análise do grau de dependência espacial das variáveis, foi utilizada a classificação proposta por Cambardella et al. (1994), em que são considerados de forte dependência espacial os semivariogramas que tem efeito pepita 25% do patamar, moderada quando entre 25 e 75%, e fraca quando > 75%.

Após o ajuste dos semivariogramas foi realizada a interpolação dos dados por krigagem ordinária de forma a possibilitar a visualização dos padrões de distribuição espacial da doença.

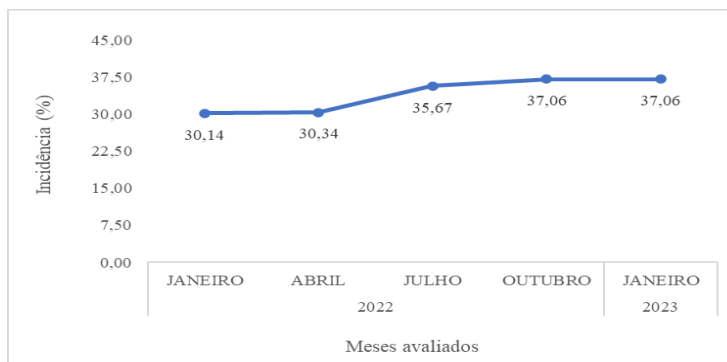
Para as análises estatísticas e geoestatísticas e na plotagem dos mapas, foi utilizado sistema computacional “R” com os pacotes geoR, geoRglm e splancs (Robertson, 2000; Diggle e Ribeiro, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve epidemia de cancro do córtex em plantas de mogno africano no povoamento florestal. Durante o período experimental (11/22 a 08/23), o menor valor de incidência da doença (30,14%) foi identificado no mês de janeiro/2022, porém o número de plantas doentes aumentou ao longo do tempo atingindo valor máximo (37,06%) no mês de janeiro de 2023 (Figura 1).

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

Figura 1: Curva de progresso de cancro do córtex em mogno africano.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Assim como relatado nesse estudo, epidemias de cancro do córtex têm sido recorrente em plantios de mogno-africano, apresentando alta incidência (Furtado e Benso, 2019). Logo, em função dos danos causados às plantas e seus produtos, justificam-se práticas de manejo. Neste contexto, as análises espaciais são essenciais para caracterizar epidemias, identificar como ocorre a dispersão de patógenos, bem como os mecanismos envolvidos na dispersão do patógeno e assim orientar quanto a tomada de decisão e orientar quanto às práticas de manejo das doenças de plantas (Hau et al., 2018).

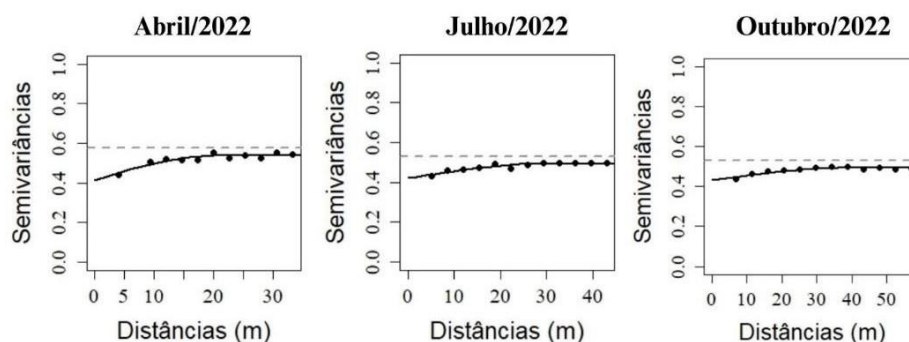
Segundo Webber et al. (2020) um dos fatores que auxiliam a dispersão de *Lasiodiplodia theobromae* é o vento. E a infecção por esse patógeno ocorre, principalmente, por lesões causadas por insetos ou pelo homem, em tratamentos silviculturais. Uma das hipóteses que pode explicar o progresso do cancro na área avaliada, está relacionada a realização de práticas de manejo pelo produtor. Na tentativa de atenuar os sintomas do cancro, o produtor realizou a raspagem das lesões associada ao uso de soluções antissépticas, prática difundida por alguns autores (Webber et al., 2020). No entanto, o uso de ferramentas contaminadas disseminando inóculo do patógeno e a abertura de ferimentos, pode ter contribuído para o processo de infecção e, consequentemente, aumento da incidência da doença.

A fim de caracterizar a distribuição espacial da intensidade da doença no povoamento florestal foi realizada análise geoestatística para a variável severidade de cancro do córtex em mogno africano. Foram utilizados dados das avaliações realizadas nos meses de abril, junho e outubro de 2022, representando início, meio e fim da epidemia. A dependência espacial da severidade foi estudada com base em semivariogramas e o modelo com melhor ajuste aos dados foi o esférico (Figura 1, Tabela 1). Logo, há dependência espacial para a distribuição da doença

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

no povoamento florestal de mogno africano.

Figura 2: Modelo de semivariograma isotrópico esférico ajustado aos dados de severidade do cancro do córtex (*Lasiodiplodia theobromae*) em um talhão de mogno africano Lajeado Novo – MA.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Tabela 1: Parâmetros dos modelos de semivariogramas isotrópico esférico referente à severidade do cancro do córtex (*Lasiodiplodia theobromae*) em um talhão de mogno africano.

Parâmetros	Avaliações		
	Abril/2022	Julho/2022	Outubro/2022
a (m)	20,55	29,05	40,18
C	0,54	0,49	0,49
C0	0,41	0,42	0,43
C1	0,12	0,07	0,06
Incidência (%)	30,34	35,67	37,06

Em que: a) alcance ou raio de agregação; C) patamar; Co) efeito pepita; C1) contribuição. **Fonte:** Elaborado pelos autores (2023).

Os valores estimados para o efeito pepita em abril/2022, julho/2022 e outubro/22 representaram, respectivamente, 76,95%, 85,07% e 87,60% do patamar. Segundo a classificação proposta por Cambardella et al. (1994), a dependência espacial para todos os meses avaliados é classificada como fraca.

Em relação ao ajuste de modelos, o que melhor se ajustou aos dados foi o esférico. Esse modelo tem sido utilizado com frequência em estudos para culturas florestais (Pinheiro et al., 2015; Santos e Noronha, 2019; Fernandes, 2012) e agrícolas (Quartezani et al., 2018; Simon et al., 2018).

Dentre os resultados obtidos por meio da análise geoestatística, um dos principais é o

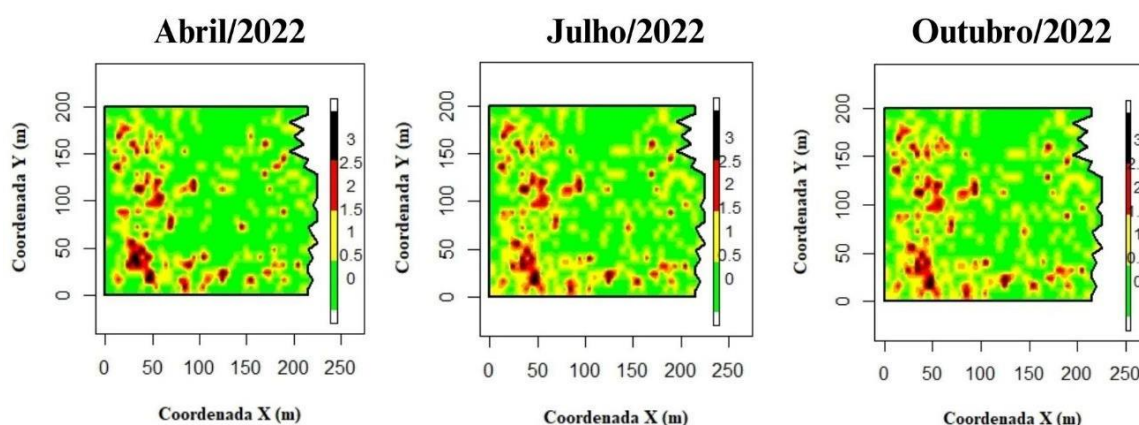
VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

alcance. Conforme apresentado nos resultados, o alcance de dependência espacial foi de, em média, 29,93 m. Esse resultado, indica o raio de influência das plantas com cancro, ou seja, a área sob influência de uma fonte de inóculo do patógeno e nos permite recomendar o raio de aplicação de medidas de manejo (Rossi, 2021).

Comprovado a dependência espacial foi gerada uma malha interpolada, ou mapas da distribuição espacial. Assim foi possível caracterizar o padrão agregado de distribuição espacial do cancro do córtex em um povoamento de mogno africano (Figura 3). Nesse tipo de padrão, a ocorrência da doença é influenciada pela distância da fonte de inóculo, ou seja, a probabilidade de uma planta da vizinhança da fonte de inóculo de ser infectada é maior (Hau et al., 2018).

Verificou-se que o alcance aumentou conforme o progresso da epidemia (Tabela 1). Resultado semelhante foi encontrado por Belan et al. (2018) estudando mancha aureolada em mudas de cafeeiro em viveiro, em que o alcance aumentou à medida que aumentou o número de plantas doentes. Essa relação entre o alcance e a incidência da doença pode estar relacionada ao aumento do número de plantas doentes, do número de reboleiras ou fontes de inóculo e/ou do número de plantas em cada reboleira, que se fortalecem e, assim, aumentam a probabilidade de disseminar a doença a maiores distâncias.

Figura 3: Mapas de Krigagem da distribuição espacial de cancro do córtex em um povoamento de mogno africano.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Verificou-se, de forma geral, que as reboleiras de plantas doentes ocorreram de forma mais concentrada no limite esquerdo da área, sendo que, as maiores reboleiras se concentraram no limite inferior esquerdo (Figura 3).

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

CONCLUSÕES

Houve epidemia da doença e foi caracterizado na forma de mapa a distribuição espacial do cancro do córtex em área de cultivo de mogno africano. Na área amostrada, houve dependência espacial fraca para a ocorrência e intensidade da doença, sendo esta distribuída em padrão espacial agregado. O alcance ou raio de agregação foi de, em média, 29,93 m.

APOIO FINANCEIRO



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amorim, L.; Bergamin Filho, A.; Rezende, J. A. M. Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos, ed. 5. Agronômica Ceres: São Paulo, SP, 2018.
- Belan, L.L.; Pozza, E.A.; Alves, M.C.; Freitas, M.L.O. Análise geoestatística da mancha aureolada em mudas de cafeeiro no viveiro. *Summa Phytopathologica* 2018, v.44, 317-325.
- Cambardella, C.; Moorman, T.B.; Novak, Jeff; Parkin, T.B.; Karlen, Douglas; Turco, Ronald; Konopka, AE. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil science society of America journal* 1994, 58, 1501-1511.
- Diggle, P. J.; Ribeiro Jr, P.J. Model Based Geostatistics. *Springer*: New York, USA, 2007.
- Fernandes, B. V. Dinâmica espaço-temporal e quantificação dos danos e perdas da murcha de ceratocystis em eucalipto na produção de carvão vegetal, Botucatu. 2012. 77f. Dissertação (Mestrado Ciência Florestal) - Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Botucatu.
- Ferraz Filho, Antônio Carlos; Ribeiro, Andressa. Crescimento e produção de mogno-africano: quantificação e influências. In: Reis, C. A. F.; Oliveira, E. B. de; Santos, A. M. Mogno-africano (*Khaya* spp.): atualidades e perspectivas do cultivo no Brasil. Embrapa: Brasília, DF, 2019.
- Frank Jr., Milton. O Mogno Africano Brasileiro no ITTO. *Jornal ABPMA* 2023, 1-24.
- Furtado, Edson Luiz; Benso, Lucas Antonio. Doenças. In: Reis, C. A. F.; Oliveira, E. B. de; Santos, A. M. Mogno-africano (*Khaya* spp.): atualidades e perspectivas do cultivo no Brasil. Embrapa: Brasília, DF, 2019.
- Guimarães, K. V. Estudo fitoquímico da madeira nobre *Khaya ivorensis* (Meliaceae) imune a *Hypsipyla grandella* e sua adaptação química ao *Botryosphaeria rhodina*, São Paulo. 2007. 243f. Tese (Doutorado em ciências) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- Hau, Bernhard; Bergamin Filho, Armando; Amorim, Lilian; Jesus Junior, Waldir Cintra. Análise espacial de epidemias. In: Amorim, L.; Bergamin Filho, A.; Rezende, J. A. M. Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos, ed. 5. Agronômica Ceres: São Paulo, SP, 2018.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Mapa de clima do Brasil. 2002. Disponível online: http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/Map_BR_clima_2002.pdf. (Acesso em 01 de agosto de 2023).
- Martins, T. V.; Cunha, M. G. da; Dianese, E. de C. Métodos mecânicos de controle do cancro do córtex do mogno-africano causado por *Lasiodiplodia theobromae*. In: 50º Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 2017, Uberlândia, Anais. Minas Gerais: UFU, 2017.
- Oliveira, J.M.; Pozza, E.A.; Belan, L.L.; Oliveira, C.F. Progresso espaço temporal da mancha

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

aureolada em mudas de cafeeiro no viveiro, Uberlândia-MG. In: 50º Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 2017, Uberlândia, Anais. Minas Gerais: 50º Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 2017.

Pennington, T. D.; Styles, B. T. A generic monograph of the Meliaceae. *Blumea*, 1975, 22, 419-540.

Pinheiro, C. C. C.; Farias, S. C. C.; Lins, P. M. P.; Carvalho, E. de A. Mapeamento geoestatístico da distribuição espacial da resinose do coqueiro no estado do Pará. In: 19º Seminário de Iniciação Científica; 3º Seminário de Pós-graduação da Embrapa Amazônia Oriental, 2015, Belém, Anais. Pará: Embrapa Amazônia Oriental, 2015. pp. 60-64.

Quartezani, W.Z. Hell, L. R.; Cunha Junior, J. de O.; Moraes, W. B.; Belan, L. L.; Moraes, S. de P. C. B.; Jesus Junior, W. C. de; Furtado, E. L. Análise geoestatística do “vira-cabeça” na cultura do tomateiro. *Summa Phytopathologica* 2018, 44, 51-55.

Reis, C. A. F.; Oliveira, E. B. de; Santos, A. M. Mogno-africano (*Khaya* spp.): atualidades e perspectivas do cultivo no Brasil. Embrapa: Brasília, DF, 2019.

Ribeiro, A.; Ferraz Filho, A. C.; Scolforo, J. R. S. O Cultivo do Mogno Africano (*Khaya* spp.) e o Crescimento da Atividade no Brasil. *Floresta e Ambiente* 2017, 24, 1-11.

Ribeiro, H. C. B. Matos, E. A. N. de; Santos, J. M. dos; Parreira, D. S. Ocorrência de cancro do córtex em mogno africano (*khaya senegalensis*) no município de ubaporanga, minas gerais. In: Seminário de Iniciação Científica IFMG, 2021, Belo Horizonte, Anais. Minas Gerais: IFMG, 2021. pp. 1-9.

Robertson, P. Gs+: geostatistics for the environmental sciences. Gamma design software. Plainwell: Michigan, EUA, 2000.

Rossi, Ana Paula. Murcha bacteriana do eucalipto: dinâmica espaço-temporal e resistência de clones em campo, Sorocaba. 2021. 102f. Tese (Doutorado em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis) - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba.

Santos, J. V. S. dos; Noronha, R. de P. P. Análise geoestatística do patossistema da folha-curta em plantação de coco na Amazônia Oriental, Belém. 2019. 44f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém.

Simon, C. da P.; Brumat, A. C. L.; Silva, M. B. da; Olmo, B. T.; Vitória, E. L. da; Facco, A. G. Comportamento espacial da fusariose e dos atributos do solo no cultivo da pimenta-do-reino. *Nativa* 2018, 6, 113-117.

Tremacoldi, C. R. Lunz, A. M.; Coelho, I. L.; Boari, A. de J. Cancro em mogno africano no estado do Pará. *Pesq. flor. bras.* 2013, 33, 221-225.

Vaz, M. M.; Belan, L. L. Patologia florestal e coleção fitopatológica de doenças de espécies florestais cultivadas e não cultivadas na região tocantina do maranhão. In: Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da Uemasul, 2022, Imperatriz, Anais. Maranhão: UEMASUL, 2022. pp. 1-6.

Vaz, M. M.; Leite, S. S. C.; Oliveira, G. T. S.; Melo, M. P. de; Belan, L. L. Levantamento de doenças em espécies de plantas agrícolas e florestais na região tocantina do maranhão. In: XXV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XXI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e XI Encontro de Iniciação à Docência, 2021, São José dos Campos, Anais. São Paulo: Universidade do Vale do Paraíba, 2021. pp. 1-6.

Webber, T. V.; Martins, T. V.; Cândida, D. V.; Reis, C. A. F.; Cunha, M. G. da; Sette Jr, C. R.; Dianese, É. de C. Control techniques and evaluation of pathogen influence on African mahogany (*Khaya grandifoliola* C. Dc.) infected by *Lasiodiplodia theobromae* Pat. *European Journal Plant Pathology* 2021, 159, 427–432.