PADRÃO ESPACIAL E LOCAL DA INCIDÊNCIA DE FERRUGEM E MANCHA DE PHOMA EM LAVOURAS CAFEEIRAS

Elber Pereira Libarino[1]; Ingrid Thalia Prado de Castro[2]; André Luiz de Jesus Dantas[3]; Antônio Igor Rios de Sousa[4]; Juliana Santos Abrantes Silva[4]; Odair Lacerda Lemos[5]

[1] Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista, BA. E-mail: elber.libarinoo@gmail.com
[2] Programa de Pós-Doutorado Embrapa Café, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista, BA. E-mail: giycastro@gmail.com
[3] Curso de Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista, BA. E-mail: andreljdantas@gmail.com
[4] Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista, BA. E-mail: igorrios1.ir@gmail.com; abrantesjuliana1@gmail.com
[5] Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista, BA. E-mail: olemos@uesb.edu.br

RESUMO

As doenças foliares do cafeeiro, como ferrugem e Phoma, apresentam distribuição espacial influenciada por fatores ambientais e de manejo, tornando essencial a identificação de padrões espaciais para subsidiar estratégias fitossanitárias localizadas. O objetivo foi avaliar a autocorrelação espacial global e local da incidência de ferrugem e Phoma em lavouras cafeeiras cultivadas com diferentes materiais genéticos. O estudo foi conduzido durante 12 meses em cinco talhões cultivados com Bourbon, Arara, Catuaí, Catuaí/Mundo Novo e Acauã, totalizando 100 pontos georreferenciados. Em cada avaliação mensal, foram analisadas 30 folhas por ponto, sendo calculada, ao final do período, a incidência média das 12 avaliações para cada doença. Os valores médios foram analisados pelos Índices de Moran Global e Local, utilizando matriz de pesos espaciais baseada em distância inversa. Os resultados evidenciaram autocorrelação espacial positiva e significativa para ambas as doenças. A ferrugem apresentou autocorrelação espacial positiva e significativa ($I = 0,480952$; $z = 7,320323$; $p < 0,001$), enquanto a Phoma apresentou maior grau de autocorrelação espacial ($I = 0,695981$; $z = 10,416596$; $p < 0,001$). A análise local identificou agrupamentos Alto-Alto e Baixo-Baixo em setores específicos da lavoura. A Phoma apresentou padrão global mais agregado, enquanto a ferrugem apresentou menor grau de autocorrelação espacial. Concluiu-se que os Índices de Moran Global e Local foram eficientes para identificar padrões espaciais da incidência de ferrugem e Phoma, subsidiando o monitoramento e o manejo localizado das doenças na cafeicultura.

Palavras-chave: *Hemileia vastatrix*; Phoma; autocorrelação espacial; fitossanidade; cafeicultura; agricultura de precisão.

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma das principais atividades agrícolas do Brasil, sendo responsável por expressiva importância econômica e social. Entretanto, a produtividade e a qualidade dos grãos podem ser comprometidas pela ocorrência de doenças foliares, destacando-se a ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) e a Phoma (*Phoma* spp.), que provocam desfolha, redução da capacidade fotossintética e prejuízos à produção. Sua ocorrência apresenta distribuição heterogênea no campo e pode estar associada às condições climáticas, às características das plantas e às práticas de manejo (ZAMBOLIM, 2016; AVELINO et al., 2006).

A análise de padrões espaciais constitui uma ferramenta importante para compreender a dinâmica de disseminação das doenças, permitindo identificar se a ocorrência se dá de forma aleatória, dispersa ou agregada, além de identificar setores com valores semelhantes e direcionar estratégias de monitoramento e manejo fitossanitário. Nesse contexto, os Índices de Moran Global e Local são amplamente utilizados para avaliar a autocorrelação espacial e identificar agrupamentos de ocorrência, fornecendo informações relevantes para a tomada de decisão (MORAN, 1950; ANSELIN, 1995).

Diante desse cenário, objetivou-se avaliar o padrão espacial global e local da incidência de ferrugem e Phoma em lavouras cafeeiras cultivadas com diferentes materiais genéticos, utilizando os Índices de Moran Global e Local.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido durante 12 meses em cinco talhões de cafeeiro cultivados com Bourbon, Arara, Catuaí, Catuaí/Mundo Novo e Acauã. Em cada talhão foram estabelecidos 20 pontos georreferenciados, totalizando 100 pontos amostrais. Mensalmente, foram coletadas 30 folhas por ponto, e a incidência de ferrugem e Phoma foi calculada pela proporção de folhas sintomáticas em relação ao total avaliações mensais, sendo esses valores utilizados nas análises espaciais (FIGURA 1).

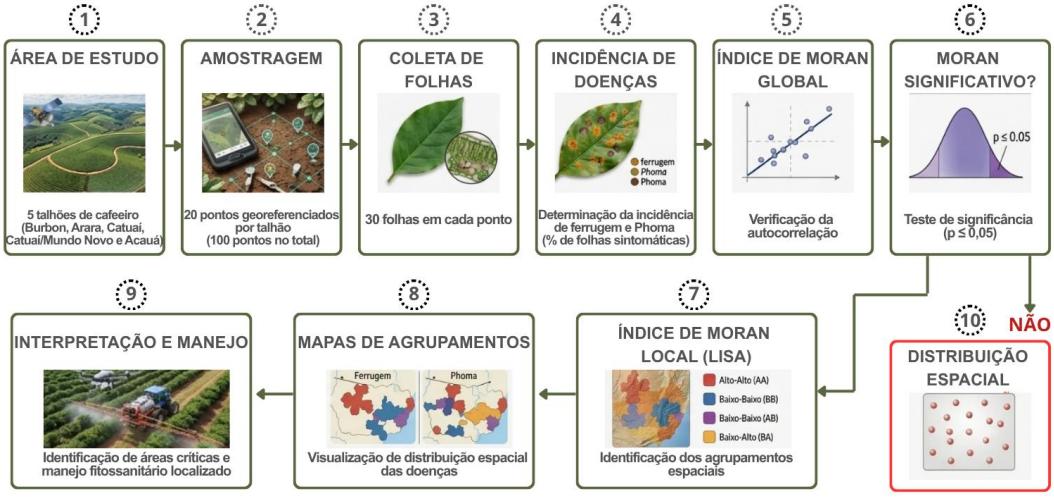


FIGURA 1 – Fluxograma dos materiais e métodos utilizados para a análise da autocorrelação espacial da incidência de ferrugem e Phoma em lavouras cafeeiras.

2.1. Análise estatística

As análises foram realizadas no software ArcGis Pro. As incidências médias de ferrugem e Phoma foram submetidas ao Índice de Moran Global (MORAN, 1950), utilizando matriz de pesos espaciais baseada em distância inversa e método euclidiano, para verificar se a distribuição apresentava padrão agregado, aleatório ou disperso. A significância foi avaliada pelo escore z e pelo p-valor, adotando-se nível de significância de 5%. Confirmada a autocorrelação espacial global, aplicou-se o Índice de Moran Local (LISA), conforme Anselin (1995), para identificar agrupamentos Alto-Alto, Baixo-Baixo, Alto-Baixo e Baixo-Alto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A incidência média de ferrugem e Phoma apresentou autocorrelação espacial positiva e significativa, demonstrando que a distribuição das doenças não ocorreu de forma aleatória. Para a ferrugem, o Índice de Moran Global foi de 0,480952, com z-score de 7,320323 e $p < 0,001$, evidenciando padrão espacial agregado. Para Phoma, o Índice de Moran Global foi de 0,695981, com z-score de 10,416596 e $p < 0,001$, indicando agregação espacial ainda mais intensa.

Após a confirmação da dependência espacial global, a análise do Índice de Moran Local (FIGURA 2) permitiu identificar a distribuição dos agrupamentos espaciais de incidência. Os agrupamentos Alto-Alto concentraram-se em setores específicos da área experimental, evidenciando focos de maior incidência da doença,

enquanto os agrupamentos Baixo-Baixo representaram regiões de menor ocorrência. Para a ferrugem, esses agrupamentos apresentaram distribuição menos contínua e mais dispersa entre os talhões, ao passo que a Phoma exibiu áreas Alto-Alto e Baixo-Baixo mais extensas e contínuas, indicando maior estruturação espacial da doença.

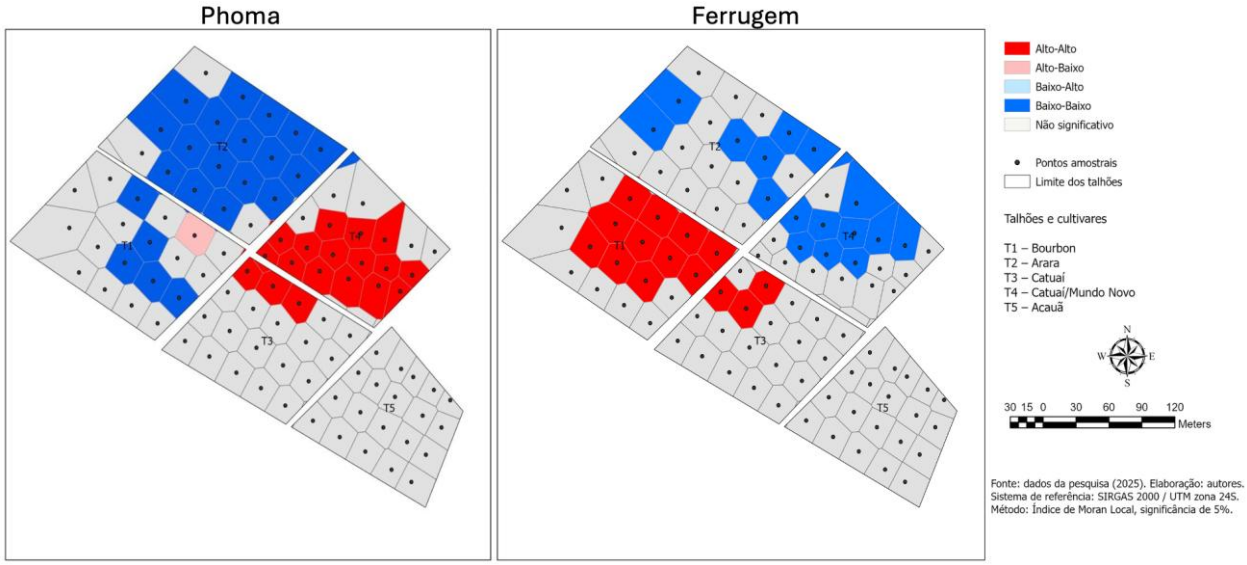


FIGURA 2 – Mapa do Índice de Moran Local (LISA) da incidência de ferrugem e Phoma em cafeeiro na Fazenda Ouro Verde, Barra do Choça–BA.

O maior valor do Índice de Moran Global para a Phoma indicou maior grau de autocorrelação espacial em comparação à ferrugem. Esse comportamento pode estar associado a diferenças microclimáticas e de manejo entre os talhões, embora essas variáveis não tenham sido avaliadas diretamente (CAMPBELL & MADDEN, 1990; MADDEN et al., 2007). A ferrugem, embora também tenha apresentado autocorrelação espacial significativa, demonstrou padrão relativamente menos intenso, com focos mais dispersos. Esses resultados evidenciam que as doenças avaliadas apresentam comportamento espacial distinto, exigindo estratégias específicas de monitoramento e manejo (ZAMBOLIM, 2016).

A significância observada no Índice de Moran Global demonstra que a distribuição dos problemas fitossanitários avaliados não ocorreu ao acaso, mas apresentou dependência espacial entre os pontos amostrais. Dessa forma, a aplicação do Índice de Moran Local mostrou-se fundamental para identificar a posição dos agrupamentos, permitindo reconhecer zonas críticas de maior incidência e áreas com menor pressão fitossanitária dentro dos talhões.

A avaliação individualizada dos talhões evidenciou diferenças na organização espacial da ferrugem e da Phoma. Embora ambas tenham apresentado

autocorrelação espacial global significativa, Phoma demonstrou maior intensidade de agregação, indicando padrão espacial mais estruturado. Esse comportamento pode estar relacionado à influência de condições microclimáticas favoráveis ao desenvolvimento da doença, como elevada umidade, sombreamento e menor circulação de ar, conforme descrito por Zambolim (2016) e Avelino et al. (2006). Por sua vez, a ferrugem apresentou agregação significativa, porém com focos mais dispersos, reforçando a importância de estratégias de monitoramento e manejo fitossanitário que considerem a variabilidade espacial entre os talhões.

4. CONCLUSÃO

A incidência média anual de ferrugem e Phoma apresentou autocorrelação espacial positiva e padrão agregado na área avaliada. A Phoma apresentou maior grau de autocorrelação espacial global, enquanto o Índice de Moran Local permitiu identificar agrupamentos de maior e menor incidência em setores específicos da lavoura. A associação entre os Índices de Moran Global e Local mostrou-se eficiente para caracterizar a distribuição espacial das doenças e subsidiar o direcionamento de inspeções e estratégias de monitoramento localizado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSELIN, L. Local indicators of spatial association—LISA. **Geographical Analysis**, v. 27, n. 2, p. 93–115, 1995.

AVELINO, J.; ZELAYA, H.; MERLO, A.; PINEDA, A.; ORDOÑEZ, M.; SAVARY, S. The intensity of a coffee rust epidemic is dependent on production situations. **Ecological Modelling**, v. 197, n. 3-4, p. 431–447, 2006.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to Plant Disease Epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, 1990.

MADDEN, L. V.; HUGHES, G.; VAN DEN BOSCH, F. **The Study of Plant Disease Epidemics**. St. Paul: APS Press, 2007.

MORAN, P. A. P. Notes on Continuous Stochastic Phenomena. Biometrika, v. 37, n. 1/2, p. 17–23, 1950.

ZAMBOLIM, L. **O Estado da Arte de Tecnologias na Produção de Café**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2016.