

## Variabilidade espacial de espécies florestais em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista

Alexandre Lauri Henriksen<sup>1</sup>, Ezequiel Zibetti Fornari<sup>2</sup>, Nidgia Maria Nicolodi<sup>3</sup>, Lúcio De Paula Amaral<sup>4</sup>, Luciano Farinha Watzlawick<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Economista, Dr., doutorando em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro-Oeste, R. Professora Maria Roza Zanon de Almeida, s/n, 84505-677, Irati – PR, [alexandre.henriksen@gmail.com](mailto:alexandre.henriksen@gmail.com)

<sup>2</sup> Eng. Agrônoma, mestranda, Universidade Federal de Santa Maria, R. Sete de Setembro, s/n, 98400-000, Frederico Westphalen- RS, Brasil, [ezequiel.fornari@yahoo.com](mailto:ezequiel.fornari@yahoo.com)

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, mestrando, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, 97105-900, Cidade Universitária, Bairro Camobi, Santa Maria - RS, [nidgia00maria@gmail.com](mailto:nidgia00maria@gmail.com)

<sup>4</sup> Eng. Florestal, Dr., professor, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, 97105-900, Cidade Universitária, Bairro Camobi, Santa Maria - RS, [lucio.amaral@ufsm.br](mailto:lucio.amaral@ufsm.br)

<sup>5</sup> Eng. Florestal, Pós-Dr., professor, Universidade Estadual do Centro-Oeste, R. Professora Maria Roza Zanon de Almeida, s/n, 84505-677, Irati – PR, [farinha@unicentro.br](mailto:farinha@unicentro.br)

### Resumo

A utilização da geoestatística como ferramenta na área florestal tem se mostrado eficiente, por permitir inferências sobre a distribuição espacial na floresta sem custos adicionais de amostragem. O objetivo deste trabalho foi analisar por meio da geoestatística, a variabilidade e dependência espacial de atributos em populações de *Curitiba prismatica* (D. Legrand) Salywon & L. R. Landrum, *Casearia sylvestris* Sw e *Casearia obliqua* Spreng em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Paraná. Como resultado, as espécies apresentaram variabilidade espacial dependente e os mapas de distribuição gerados podem auxiliar na compreensão da ecologia florestal destas espécies. O trabalho apresenta sugestões para o uso da geoestatística em mecanismos como o ICMS ecológico e o Pagamento por Serviços Ambientais.

Palavras-chave: Geoestatística, Floresta Ombrófila Mista, Sistema Faxinal.

### Introdução

A aplicação da geoestatística tem sido cada vez mais frequente e relevante nas atividades silviculturais. A necessidade de otimização da caracterização das áreas de estudo, com a definição da estrutura espacial das principais variáveis de medição, o aumento da demanda por produtos florestais e a exigência do mercado por produtos de origem certificada, são alguns dos fatores que exigem dos produtores maior eficiência na adoção de manejos cada vez mais precisos.

Nesse contexto, a aplicação de conhecimentos da geoestatística permite a otimização da geração de informações que possibilitam a caracterização de uma população, bem como a adoção de manejo e a gestão de produtos florestais, tendo os custos adequados de levantamento de informações. Nota-se que a geoestatística viabiliza a realização de inferências e predições a partir de amostras, gerando estruturas de distribuição confiáveis espacialmente. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade e dependência espacial do número de indivíduos, altura e área basal de três espécies representativas de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, a saber, a *Curitiba prismatica* (D. Legrand) Salywon & L. R. Landrum (murta), *Casearia sylvestris* Sw (Guaçatonga, chá-de-bugre) e *Casearia obliqua* Spreng (guaçatunga-vermelha).

Destaca-se o estudo da *C. Prismatica*, espécie pouco estudada do bioma, endêmica de regiões do Paraná e Santa Catarina. As duas outras espécies foram identificadas por Silva (2020) como espécies mais associadas à *C. prismatica*. O presente trabalho contribui com esta constatação no sentido de mostrar a distribuição espacial destas espécies.

### Material e Métodos

Para realização do trabalho, foram utilizados os dados gerados por Albuquerque (2015). Trata-se de um inventário florestal realizado em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Sistema Faxinal no município de Rebouças no Paraná, denominado Faxinal Marmeleiro de Baixo. O relevo predominante varia de suave ondulado a ondulado, com presença de solos do tipo Cambissolo háplico distrófico úmbrico, e Argissolo vermelho-amarelo distrófico úmbrico. O clima, de acordo com a classificação climática de Köppen, é do tipo Cfb. A vegetação natural presente no local é do tipo

Bioma Mata Atlântica, conhecida como Floresta Ombrófila Mista ou Floresta com Araucária. Mais dados sobre a área de estudo podem ser obtidos em Albuquerque (2015).

Foi empregada a análise semivariográfica, com verificação da qualidade do ajuste por validação cruzada, seguida da estimativa das variáveis de interesse pelo método da krigagem ordinária. Foi utilizado o software computacional Gamma Design Software GS+ para a espacialização dos resultados por meio de mapas temáticos.

## Resultados e Discussão

A partir da análise geoestatística, foi verificado que todas as variáveis apresentam dependência espacial, exceto para a variável área basal de *C. sylvestris* que apresentou efeito pepita puro.

O modelo esférico foi o que melhor se ajustou para todas as variáveis estudadas de *C. prismatica* e para área basal de *C. obliqua*. Já para as demais variáveis de altura e número de indivíduos de *C. obliqua* e *C. sylvestris*, o melhor modelo ajustado foi o gaussiano.

O Índice de Dependência Espacial (IDE) de todos os modelos foi acima de 0,9, demonstrando a existência da distribuição regionalizada das variáveis, exceto para o número de indivíduos de *C. obliqua*, que obteve IDE de 0,56. Foi observada moderada dependência espacial desta variável.

Quanto à qualidade do ajuste, medido pelo índice  $R^2$ , os modelos em geral apresentaram bom ajuste, **não sendo bem ajustado** para os relativos à *C. obliqua*, para área basal foi muito próximo a zero, com a dependência espacial ocorrendo para limitado alcance.

Em alguns modelos, o efeito pepita foi próximo a zero, sobretudo para altura total (Ht) e área basal (g), o que pode ser explicado pelo fato de existirem amostras em que não foi observada a presença das espécies.

A forma de produção do na Floresta Ombrófila Mista em Sistema Faxinal concilia as atividades de subsistência, baseada na agricultura familiar, com atividades agrossilvipastoris e a conservação ambiental (ALBUQUERQUE, 2015). Este fato pode explicar os dados discrepantes de alguns indivíduos e a população de algumas espécies, por ser um sistema de manejo que apresenta alguma interferência antrópica na disposição natural da floresta.

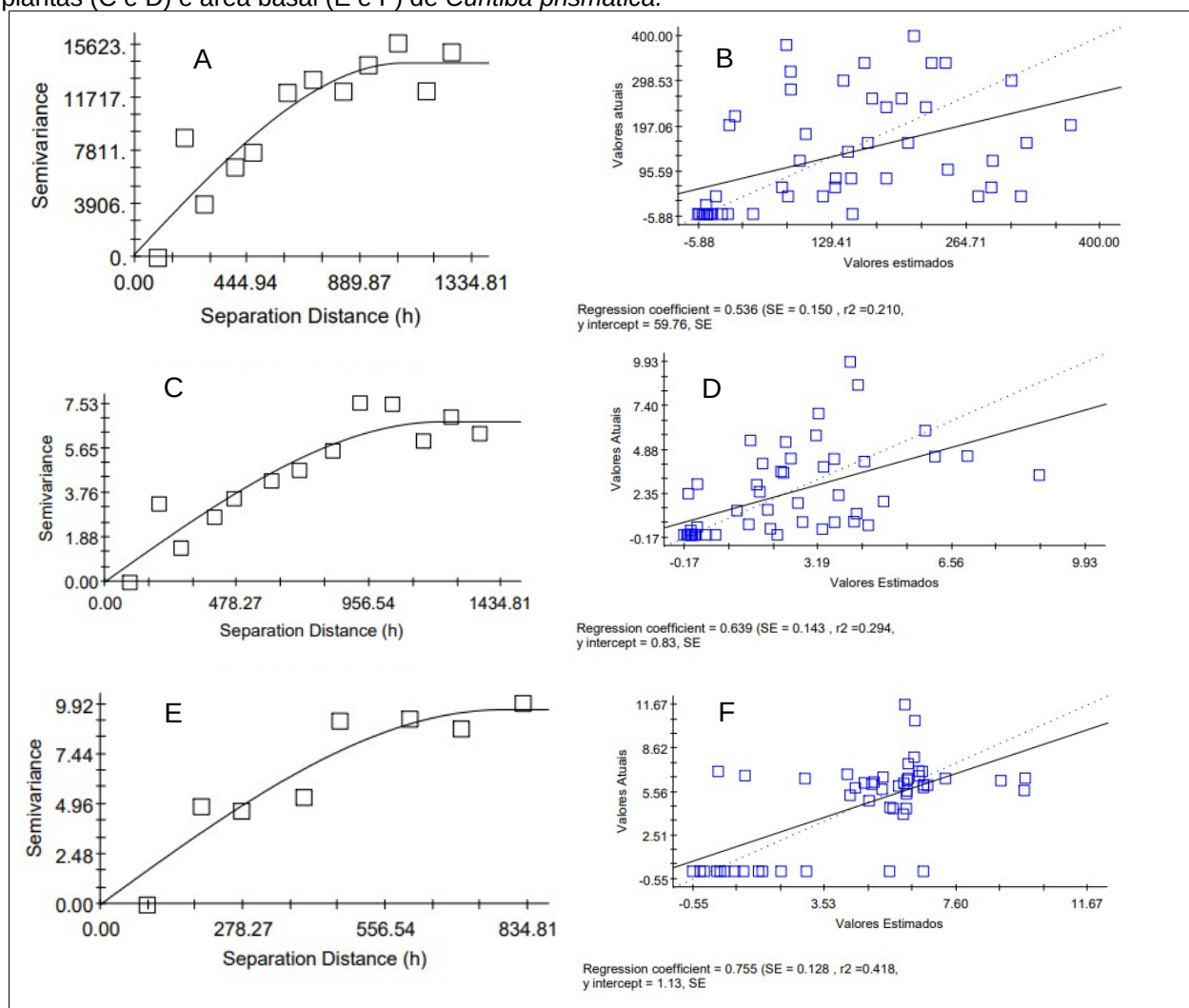
Os semivariogramas, validações cruzadas e mapas de distribuição espacial por krigagem para a espécie *C. prismatica* são apresentados nas Figuras 1 e 2. Vale observar que o estudo também contemplou a geração de análises espaciais para *C. sylvestris* e *C. obliqua*. As variáveis de números de indivíduos, altura (m) e área basal ( $m/ha^{-1}$ ) foram analisadas.

Os semivariogramas refletem os parâmetros geoestatísticos apresentados e comentados brevemente anteriormente. No que tange à validação cruzada, embora não haja uma coincidência perfeita entre as retas de regressão esperadas e estimadas. Pode-se considerar que o ajuste foi adequado, pois trata-se de fragmentos florestais com atividade antrópica, o que modifica a estrutura espacial natural da floresta.

Para a *C. prismatica*, o mapa de distribuição indica áreas em que a concentração de indivíduos pode ultrapassar 300 ind./ha, sobretudo na porção norte da área. Por outro lado, na porção sul houve ausência da espécie.

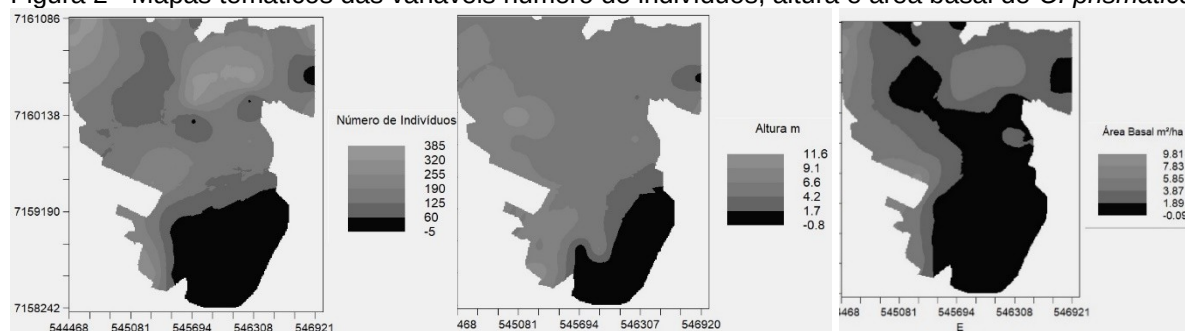
Observa-se que, para a *C. prismatica*, houve relativa continuidade da dispersão espacial, o que pode indicar que o agrupamento da espécie observa um determinado padrão. Uma possível razão pode ser o fato de a *C. prismatica* ser uma espécie com características arbustivas, notadamente a pleno sol, e assim não propícia para o uso madeireiro. Por sua vez, a análise dos resultados de krigagem para *C. sylvestris* e *C. obliqua* indicaram que a fragmentação da dispersão parece ocorrer em maior medida para a *C. sylvestris* e em menor medida para a *C. obliqua*, o que pode indicar a exploração dessas espécies para uso madeireiro ou como combustível.

Figura 1 - Semivariogramas e validação cruzada das variáveis número de indivíduos (A e B), altura de plantas (C e D) e área basal (E e F) de *Curitiba prismatica*.



Fonte: elaboração dos autores.

Figura 2 - Mapas temáticos das variáveis número de indivíduos, altura e área basal de *C. prismatica*.



Fonte: elaboração dos autores.

Embora não adequado para todas as espécies encontradas no fragmento, devido à grande ocorrência de valores nulos nas unidades amostrais, o estimador calculado por krigagem é mais adequado do que a utilização da média amostral. No fragmento florestal analisado, ganha destaque o caso da *C. prismatica*, espécie endêmica do bioma Mata Atlântica, identificada apenas em 2007 e que ocorre em algumas porções dos estados do Paraná e Santa Catarina. Os mapas gerados auxiliam em possíveis intervenções florestais e contribui para a literatura relativa às espécies estudadas, que apresenta poucos estudos específicos.

Um destes estudos é a análise conduzida por Silva (2020). O autor identificou que o Sistema Faxinal apresentou maiores índices de diversidade genética de *C. prismatica* do que outras unidades de conversação. Porém, utilizando-se a distribuição espacial aqui apresentada, vê-se que há dependência espacial na distribuição da espécie. Tal comportamento parece ser uma característica da *C. prismatica*, isto é, a espécie forma bosques mais concentrados em determinados locais devido a fatores ainda não plenamente compreendidos.

Assim, os mapas aqui apresentados podem ser utilizados como referência para o estudo de outras populações de *C. Prismatica*, podendo servir como um padrão da estrutura espacial que mais favorece a preservação da diversidade genética da espécie. O mesmo se aplica para os mapas gerados para a distribuição das espécies associadas à *C. Prismatica*, quais sejam, a *C. sylvestris* e a *C. obliqua*. Os mapas aqui gerados podem, ainda, ser utilizados para o planejamento de atividades de regeneração da floresta nativa, de forma a observar o padrão de distribuição espacial mais original das espécies estudadas.

Ademais, utilizando a *C. prismatica* em Sistema Faxinal como um estudo de caso emblemático, é possível afirmar que, apesar da existência de alterações antrópicas no ambiente, as relações ecológicas originais entre espécies da flora e da fauna da FOM podem ser preservadas, embora com populações menores. Assim, é possível uma convivência ecologicamente sustentável entre as atividades humanas nos habitats da FOM, como as atividades agropecuárias e habitacionais das pessoas, e a proteção do patrimônio genético das espécies locais.

Com base nestas constatações, sugere-se que mecanismos como o ICMS ecológico e o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) incorporem em seus métodos de remuneração a preservação da biodiversidade, empregando a geoestatística como forma de estimar valores, índices ou variáveis de difícil obtenção ao nível das propriedades rurais individuais. A mensuração da biodiversidade, ainda mais incorporando informações sobre a riqueza genética da população, tal como feito em Silva (2020), é extremamente custosa. Por isso, a geoestatística é uma ferramenta confiável para obtenção destas informações a custos significativamente mais reduzidos, permitindo que estes mecanismos - ICMS ecológico e PGA – remunerem a preservação da biodiversidade com mais eficiência e confiabilidade.

## Conclusões

Pode-se concluir que há concentração da espécie em determinadas porções do território estudado. Dentre as espécies estudadas, a *Curitiba prismatica* foi a que apresentou maior dependência espacial, em todas as variáveis, mas em especial para área basal e altura. A concentração é ainda mais evidente para a área basal, indicando que indivíduos mais desenvolvidos tendem a se concentrar ainda mais.

*Casearia sylvestris* e *Casearia obliqua* apresentaram menores valores de alcance e maior independência espacial. Assim, os resultados encontrados contribuem para o entendimento da distribuição espacial das espécies analisadas, com interesse para o manejo florestal, o monitoramento de serviços ambientais e outras intervenções em florestas.

## Referências

- ALBUQUERQUE, J. M. **Fatores ecológicos e ocorrência de espécies na Floresta Ombrófila Mista, em sistema Faxinal**. 2015. 93 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2015.
- AMARAL, L. P. **Geoestatística aplicada ao manejo florestal experimental em floresta ombrófila mista**. 2014. 90 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014.
- MELLO, J. M. **Geoestatística aplicada ao inventário florestal**. 2004. 110 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais). Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2004.
- SILVA, R.A.R. **Adequabilidade, diversidade genética e espécies associadas à Curitiba prismatica (D. Legrand) Salywon & Landrum**. 2020. 66 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR, 2020.
- SILVA, R.A.R; LEITE, R. S. ; MAZON, J. A. ; WATZLAWICK, L. F. . Padrão espacial da *Curitiba prismatica* em fragmento de Floresta Ombrófila Mista sob Sistema Faxinal. In: V SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO FLORESTAL, 2018, Irati. **Anais...** Irati: UNICENTRO, SEF, 2018.