

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS  
CURSO DE MESTRADO**

**ESPACIALIZAÇÃO E REPETIBILIDADE DENDROMÉTRICA DE *Genipa  
americana* L.**

**ADMILSON DE SANTANA SACRAMENTO**

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA  
AGOSTO – 2014

**ESPACIALIZAÇÃO E REPETIBILIDADE DENDROMÉTRICA DE *Genipa americana* L.**

**ADMILSON DE SANTANA SACRAMENTO**

Engenheiro Florestal

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), 2011.

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e Embrapa Mandioca e Fruticultura, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

**Orientador: Prof. Dr. DEOCLIDES RICARDO DE SOUZA**

**Co-orientadora: Profa. Dra. SIMONE ALVES SILVA**

**Co-orientador: Prof. Dr. ELTON DA SILVA LEITE**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA  
MESTRADO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS  
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA – 2014

## FICHA CATALOGRÁFICA

S123e Sacramento, Admilson de Santana.  
Especialização e retilibilidade dendrométrica de Genipa americana L. /  
Admilson de Santana Sacramento. \_ Cruz das Almas, BA, 2014.  
44f.; il.

Orientador: Deoclides Ricardo de Souza.  
Coorientadora: Simone Alves Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do  
Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias,  
Ambientais e Biológicas.

1.Plantas – Crescimento de plantas. 2.Plantas – Manejo.  
3.Dendrometria – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia,  
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Leite, Elton Silva. III.Título.  
CDD: 581.134

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS  
VEGETAIS  
CURSO DE MESTRADO

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE  
ADMILSON DE SANTANA SACRAMENTO



---

Prof. Dr. Deoclides Ricardo Souza  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB  
(Orientador)



---

Prof. Dr. Ricardo Franco Cunha Moreira  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB



---

Prof. Dr. Adalberto Brito de Moraes  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB

Dissertação homologada pelo Colegiado do Curso de Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais em..... Conferindo o grau de Mestre em Recursos genéticos Vegetais em .....

## **DEDICATÓRIA**

Dedico a Deus, aquele que é o grande responsável por este trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela forte física e espiritual dada em todos os momentos da minha vida, especialmente esse.

À minha amada esposa, Cristiane Nascimento, apoio e incentivo nessa caminhada, principalmente naqueles momentos de difíceis.

Aos familiares, em especial a minha mãe Ana Célia, irmã Claudia, irmão Milton, tia Ana Lúcia e pai Antonio, pelo constante nessa etapa da minha vida.

Aos amigos Renata Rezende e Helison Brasileiro, pelo apoio e incentivos na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Deoclides Ricardo de Souza, pela orientação, conselhos, amizade e apoio na elaboração deste trabalho.

Aos co-orientadores, Profa. Dra. Simone Alves e Prof. Dr. Elton Leite, pelas orientações e disponibilidade na construção deste resultado.

Aos amigos, Diego Nascimento, Maurício Santos, Assis Ferreira e Pedro Almeida, apoio constante nessa etapa.

À Rejane Cardoso, pelas dúvidas tiradas, mostrando-se o espírito de servir.

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, em especial a coordenação e aos docentes pelo apoio e ensinamentos.

Aos membros da banca, Dr. Adalberto Brito e Dr. Ricardo Franco, pelas relevantes contribuições para este trabalho.

Agradeço aqui aqueles não citados, mas ciente da parcela de contribuição de cada um.

Muito obrigado.

## SUMÁRIO

Página

RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO .....	1
CAPÍTULO 1	
VARIABILIDADE ESPACIAL DE CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS DA <i>Genipa americana</i> L. ....	10
CAPÍTULO 2	
ESTIMATIVAS DO COEFICIENTE DE REPETIBILIDADE PARA CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS DA ESPÉCIE <i>Genipa americana</i> L. ....	29
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	44

## **ESPACIALIZAÇÃO E REPETIBILIDADE DENDROMÉTRICA DE *Genipa americana* L.**

Autor: Admilson de Santana Sacramento

Orientador: Prof. Dr. Deoclides Ricardo de Souza

Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Simone Alves Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Elton da Silva Leite

**RESUMO:** O conhecimento do crescimento de uma espécie é importante tanto para exploração, quanto para fins de análise da conservação e programas de melhoramento. Os objetivos deste estudo foram avaliar a variabilidade espacial e a aplicação do coeficiente de repetibilidade em características dendrométricas da espécie *Genipa americana* L. O experimento foi instalado em junho de 2009, no Campus Experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB. A alocação foi realizada em blocos casualizados com cinco espaçamentos e quatro repetições. Foram avaliadas as características: altura total (HT), diâmetro ao nível do solo (DAS) para técnica geoestatística: acrescido da área basal (G) para repetibilidade, em cinco anos (medições), 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014. Os valores de alcance para o período analisado ficaram entre 193,10 a 210,90 m e 181,00 a 210,90 m para HT e DAS, respectivamente, classificados como dependência moderada para cada característica avaliada, além do aumento da dependência espacial com o passar do tempo. Com aplicação do coeficiente repetibilidade e determinação, o método da análise de variação (ANOVA) apresentou os menores valores para ambos, já os componentes principais, com base na matriz de covariância (CPCOV) apresentaram maiores estimativas para todas as características. Assim, a espacialização apresentou resultados superiores com uso dos modelos gaussiano e exponencial, com HT e DAS estruturadas espacialmente, tal como a repetibilidade através do método CPCOV, mostrando-se o mais eficiente e rápido para a estimativa do coeficiente de repetibilidade em jenipapeiro, sob as características avaliadas.

**Palavras-chave:** Geoestatística, espécie nativa, mapa de crescimento, conservação, manejo de plantas.

## **SPATIALIZATION AND REPEATABILITY DENDROMETRIC OF *Genipa americana* L.**

Author: Admilson de Santana Sacramento

Advisor: Prof. Dr. Deoclides Ricardo de Souza

Co-advisor: Prof<sup>a</sup>. Dra. Simone Alves Silva

Co-supervisor: Prof. Dr. Elton Silva Leite

**ABSTRACT:** Knowledge of the growth of a species is important both for exploration as for analysis of conservation and breeding programs. The objectives of this study were to evaluate the spatial variability and the application of the coefficient of repeatability in dendrometric features of species *Genipa Americana* L. The experiment was installed in June 2009 at the Experimental Campus of the Universidade Federal of Recôncavo of Bahia - UFRB. The allocation was randomized blocks with five spacing and four replications. The following characteristics were evaluated: total height (HT), diameter at ground level (DAS) level for geostatistical technique: increased basal area (G) for repeatability over five years (measurements), 2010, 2011, 2012, 2013 and 2014. The range values for the analyzed period were between 193.10 to 210.90 from 181.00 to 210.90 m for HT and DAS, respectively, ranked as moderate dependence for each characteristic evaluated, besides the increased spatial dependence with time. With application of the repeatability coefficient and determination, the method of analysis of variance (ANOVA) showed the lowest values for both since the main components, based on the covariance matrix (CPCOV) had higher had higher estimates for all characteristics. Thus, the spatial showed superior outcomes with the use of gaussian models and exponential, with HT and DAS spatially structured, such as via the repeatability method CPCOV, showing that the most efficient and fast for the estimation of repeatability in jenipapeiro under the characteristics evaluated.

**Keywords:** Geostatistical, native species, map of growth, conservation and management of plant.

## INTRODUÇÃO

### O Jenipapeiro (*Genipa americana* L.)

O Brasil apresenta avanços nos estudos e uso de espécies florestais nativas, principalmente aquelas que proporcionam múltiplos produtos. Com tendência de sua inserção nessa mesma perspectiva, a *Genipa americana* L. apresenta potencial para ser explorada em diversos usos sejam eles de caráter socioeconômico ou ambiental.

Conhecida como jenipapeiro, trata-se de uma dicotiledônea arbórea pertencente à família Rubiaceae, heliófita, presente em florestas pluviais e semidecíduas, podendo ocorrer em outras formações florestais. Importante pelo seu valor na produção de frutos, madeira e utilização na composição de matas ciliares, aliado às características adaptativas para locais alagadiços, apresentando rápido crescimento e grande produção de sementes (DURIGAN; NOGUEIRA, 1990; LORENZI, 2002).

Com distribuição geográfica nas regiões tropicais úmidas e subtropicais da América Latina, desde a Argentina até o México, o jenipapeiro apresenta ampla dispersão no território brasileiro, ocorrendo em todas as regiões do Brasil e na Bahia, encontra-se principalmente no Recôncavo (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003; SOUZA et al., 2007).

No que se refere ao fruto, este por sua vez, apresenta possibilidade de exploração econômica in natura e/ou para extração de corantes quando imaturos, sendo utilizado na fabricação de licor, doces e compotas (NASCIMENTO e DAMIÃO FILHO, 1998; SEAGRI-BA, 2013). Do tipo baga e ovóide, o fruto apresenta boa consistência, peso médio de 152 g, com diâmetro 6,0 a 7,0 cm e comprimento de 8,0 a 10,0 cm, tendo seu período médio de desenvolvimento de doze meses (CRESTANA, 1992; BARBOSA, 2008).

Segundo Carvalho (2003), a folha do jenipapeiro é simples, coriácea apresentando duas estípulas interpeciolares, coloração verde-escura e com dimensões de 3,0 a 10,0 cm de largura podendo atingir 35,0 cm de comprimento.

O jenipapeiro apresenta de 20,0 a 60,0 cm em DAP (Diâmetro na Altura do Peito) podendo atingir 90 cm, com um tronco reto e cilíndrico. Já o fuste, segmento do tronco de sua base até o início da copa, é curto quando a árvore encontra-se isolada e de maior comprimento estando inserida na floresta, além de possuir casca com coloração de pardo-clara a cinza-esverdeada e grande quantidade de tanino (CARVALHO, 2003). Segundo Carvalho (2003), o porte final do fuste é o principal obstáculo para sua inserção em plantios, com objetivo madeireiro.

A madeira apresenta densidade média 0,68 gr/cm<sup>3</sup>, susceptível ao ataque de insetos e fungos. Considerada de boa qualidade, elástica e flexível, destacando-se por seus múltiplos usos, dentre os quais a construção naval, tanoaria, móveis de luxo, cabos de ferramentas e de máquinas agrícolas e chapas decorativas. Outros fatores que proporcionam sua utilização é um bom acabamento, facilidade no beneficiamento, secagem podendo ser realizada ao ar livre, apresenta pouca deformidade e aceita muito bem qualquer tinta (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003).

A dispersão de sementes da espécie ocorre principalmente pelos animais em função do seu hábito particular de alimentação e mobilidade, além do modo hidrocórica, devido à localização das árvores próximas aos cursos d'água ocasionando a distribuição em áreas atingidas por enchentes, caso comum em matas ciliares (CRESTANA, 1992).

Para a exploração comercial é fundamental que se tenha uma produção de mudas de jenipapeiro de qualidade, as quais apresentaram nos estudos de Costa et al. (2005), maior crescimento sob condições de viveiros, quando submetidas às proporções de terra preta e esterco bovino; e de terra preta, casca de arroz carbonizada e esterco bovino, na proporção 1:1 e 1:1:1, respectivamente. No entanto, o trabalho de Mesquista et al. (2009), aponta que as mudas dessa espécie tiveram melhores resultados com sacos plásticos de polietileno, utilizando o substrato terra, esterco, palha de arroz carbonizada e solo, esterco e

vermiculita. Estima-se que em média, oito meses após a semeadura, as mudas a apresentem condição para plantio (DURIGAN et al., 1997).

Apesar do grande potencial de uso, o cultivo do jenipapeiro apresenta pouca informação sobre o comportamento de suas características dendrométricas, principalmente visando o manejo, a conservação e o melhoramento.

## **VARIABILIDADE ESPACIAL**

A origem dos estudos da variabilidade espacial foi baseada na estatística clássica, trabalhando com grandes quantidades de dados amostrais, visando caracterizar a distribuição espacial da variável em estudo. Centra-se, sobretudo, nos parâmetros da média e desvio para representar um fenômeno e na hipótese de que as variações de um local para outro são aleatórias (CAMARGO, 1997). Contrapondo a estatística clássica, a geoestatística permite descrever a continuidade espacial, a qual é uma característica essencial de muitos fenômenos naturais, adaptando-se as técnicas de regressão clássica de modo a tirar proveito dessa continuidade (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989).

Krige (1951), trabalhando com dados da exploração de ouro na África do Sul, concluiu que somente a informação dada pela variância seria insuficiente para explicar o fenômeno em estudo. Para tal, seria necessário levar em consideração a distância entre as observações. Surge então o conceito da geoestatística, que considera a localização geográfica e a dependência espacial dos dados. Esse foi considerado ponto de partida histórico da geoestatística.

Após essa conclusão Matheron (1963), baseado nessas observações, desenvolveu a Teoria das Variáveis Regionalizadas. Esta, por sua vez, foi definida como uma função espacial numérica, variando de um local para outro, apresentando continuidade aparente e cuja variação pode ser representada por uma função matemática. A aplicação dessa teoria a problemas voltados para a geologia e mineração recebeu o nome de geoestatística (MELLO, 2004).

A aplicação da geoestatística encontra-se principalmente em estudos desenvolvidos para avaliar a dependência espacial, sobretudo entre diferentes

sistemas de manejo, levantamento de solos, propriedades químicas e físicas do solo, além do auxílio no mapeamento de locais específicos (ROSA, 2010).

A utilização da geostatística permite descrever a autocorrelação entre as unidades amostrais, principalmente na Geologia e Ciência do Solo, apresentado potencial de uso em estudos abordando a estruturação espacial de dados dendrométricos (MELLO, 2004). A análise da dependência espacial desses dados é de fundamental importância para o manejo adequado dos plantios florestais, visando à diminuição do impacto econômico, social e ambiental (PITA, 2012).

Trabalhando com a produtividade de *Pinus taeda* L. Bognola (2009) estudou a variabilidade espacial do rendimento associando-o com o índice de sítio para a idade de 15 anos de forma estruturada, através dos métodos geoestatístico Leal (2011), trabalhando com Krigagem ordinária, apontou sua aplicação favorável para estimar o volume madeireiro da área estudada em comparação com o inventário clássico.

Apesar da sua aplicação em dados florestais, a maioria dos trabalhos com geoestatística é realizado com espécies exóticas, apresentando poucos trabalhos em espécies nativas, sobretudo em estudos com características dendrométricas. Sua aplicação em plantios, como de jenipapeiro, poderá subsidiar o desenvolvimento da atividade florestal com espécies da flora brasileira.

## **REPETIBILIDADE**

Várias fases compõem um programa de melhoramento de plantas, sendo importante verificar em toda a superioridade genética dos indivíduos (FERREIRA et al., 2005). Para isso, quanto maior o número de plantas testadas, melhor será a possibilidade de detectar associações alélicas desejáveis, mas essa quantidade torna-se um empecilho quando as plantas são perenes, onde o número de genótipos avaliados é significativamente menor em relação aos de espécies anuais (DEGENHARDT et al., 2002).

O que influencia exitosamente os programas de melhoramento de plantas perenes é o tempo e o espaço (área) para sua implantação bem como, o desenvolvimento, o que muitas vezes inviabilizam a implementação. Devido ao emprego de tempo e mão de obra elevada, o cronograma das medições

normalmente é reduzido, assim, apenas o critério econômico é observado e podendo influenciar diretamente na precisão do experimento (CORNACCHIA et al., 1995; CRUZ et al., 2004).

Para a obtenção de informações concretas sobre uma planta é necessário um teste que justifique o acompanhamento daquela variável do decorrer no tempo. Para atender tanto o planejamento econômico quanto a precisão requerida na avaliação de um ou mais características, o coeficiente de repetibilidade torna-se uma ferramenta eficiente no processo decisório dos programas de melhoramento de plantas perenes.

Através do coeficiente é possível determinar o número de medições necessárias e embasar o planejamento das avaliações, podendo obter melhor acurácia e minimização nos custos, ou seja, ele permite citar o número mínimo de observações necessárias para a escolha com eficiência e redução do trabalho com base na estabilidade do caractere analisado. Segundo Lessa et al. (2014) a estabilidade das características de acessos são informações essenciais para os programas de melhoramento.

O coeficiente de repetibilidade é utilizado para verificar a quantidade de aferições à efetuar em uma ou mais características em um indivíduo, selecionando os superiores com menor número avaliações. A aplicação do coeficiente é devida algumas espécies e características sofrerem influência da periodicidade para expressar a sua real característica, o que torna importante a determinação do tempo mínimo de acompanhamento. Noutras palavras, otimizar o tempo em campo e proporcionar informações precisas e de baixo custo para os programas de melhoramento.

Tradicionalmente, o método da análise de variância (ANOVA) foi sempre o mais utilizado para determinar o coeficiente de repetibilidade. Após a proposta de Abeywardema (1972) de utilizar métodos multivariados usando componentes principais, atualmente esses métodos são aplicados simultaneamente com ANOVA na avaliação fenotípica de indivíduos (SHIMOYA et. al 2002; NASCIMENTO FILHO et al., 2009).

Devido à importância do jenipapeiro, este estudo teve como objetivos: avaliar a variabilidade espacial e coeficiente de repetibilidade em características

dendrométicas dessa espécie, visando subsidiar o manejo de plantios, programas de conservação e melhoramento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEYWARDENA, V. AN APPLICATION Application of Principal Component Analysis in Genetics. **Journal of Genetics**, v.61, p.27-51, 1972.

BARBOSA, D. A. **Estudo Fitoquímico e Farmacológico de Genipa americana L. (Rubiaceae)**. 2008. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2001.

BOGNOLA, I. A.; HIGA, A. R.; STOLLE, L.; OLIVEIRA, E. B. de.; FRANCISCON, L. . Modelagem da variabilidade espacial do rendimento produtivo de *Pinus taeda* L. com uso da geoestatística. In: SIMPÓSIO DE GEOESTATÍSTICA APLICADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2. 2009, Botucatu. **Anais...Botucatu - SP: UNESP, 2009.**

CAMARGO, E.C.G. **Desenvolvimento, implementação e teste de procedimentos geoestatísticos (krigeagem) no sistema de processamento de informações georreferenciadas (Spring)**. 1997. 123f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 1997.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 1039 p, 2003.

CORNACCHIA, G.; CRUZ, C. D.; PIRES, I. E. Estimativa do coeficiente de repetibilidade para características fenotípicas de procedência de *Pinus tecunumanii* (Schw.). Eguluz& Perry e *Pinus caribaeavar. Hondurensis* Barret & Golfari. **Revista Árvore**, v. 19, n. 3, p. 333-345, 1995.

COSTA, M. C. ALBUQUERQUE, M.C. F.; ALBRECHT, J. M. F.; COELHO, M. F. B. Substratos para produção de mudas de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n.1, p.19-24, 2005.

CRESTANA, C. de S.M. **Fenologia da frutificação de Genipa americana em mata ciliar do Rio Moji Guaçu**, SP. IPEF, Piracicaba, n.45, p.31-34, 1992.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 480p.

DEGENHARDT, J.; DUCROQUET, J.P.; REIS, M.S. dos; GUERRA, M.P.; NODARI, R.O. Efeito de anos e determinação do coeficiente de repetibilidade de características de frutos de goiabeira-serrana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1285-1293, 2002.

DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J.C.B. **Recomposição de matas ciliares**. São Paulo: Instituto Florestal, (IF. Série Registros, 4), 1990, 14p.

DURIGAN, G., FIGLIOLIA, M.B., KAWABATA, M., GARRIDO, M.A.O., BAITELLO, J.B. 1997. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. Instituto Florestal, São Paulo.

FERREIRA A., BARBOSA M.H.P., CRUZ C.D., HOFFMANN H.P., VIEIRA M.A.S., BASSINELLP A.I., SILVA M.F. Repetibilidade e número de colheitas para seleção de clones de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v. 40, n. 8, p. 761-767, 2005.

ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: OxfordUniversity Press, 1989. 561p.

KRIGE, D.G. A statistical approach to some basic mine evaluation problems on the Witwatersrand. **Johanesburg Chemistry Metallurgy Mining Society South African**, v. 52, n.6, p.119-139, 1951.

LEAL, F.A ;MIGUEL, E. P. MATRICARDI, E.A. Mapeamento de unidades produtivas utilizando a interpolação geoespacial krigagem a partir do inventário florestal em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Enciclopédia biosfera**, v. 7, p. 727-745, 2011.

LESSA, L.S.; LEDO, C.A. da S.; AMORIM, E. P e SILVA, S. de O. Estimativas de repetibilidade de híbridos diploides (AA) de bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.109-117, 2014.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda. v. 1, 2002.

MATHERON, G. Principles of geostatistics. **Economic Geology**, v.58, p.1246-1266, 1963.

MELLO, J. M. de. **Geoestatística aplicada ao inventário florestal**. 2004. 122 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor Ciências Agrárias, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ-USP), Piracicaba, SP. 2004.

MELLO, J. M. de ; BATISTA, J. L. F. ; RIBEIRO JÚNIOR, P. J. ; OLIVEIRA, M. S. de . Ajuste e seleção de modelos espaciais de semivariograma visando à estimativa volumétrica de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis** (IPEF), v. 1, p. 25-37, 2005.

MESQUITA, J. B.; SANTOS, M. J. C.; RIBEIRO, G. T.; MOURA, A. O. Avaliação da composição de substratos e recipientes na produção de mudas de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Acta Forestalis**, Aracaju, v.1, n.1, p.47-58, 2009.

NASCIMENTO, W. N. O. do; DAMIÃO-FILHO, C. F. Caracterização morfológica de sementes e plântulas de jenipapeiro (*Genipa americana* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 143-147, 1998.

NASCIMENTO FILHO, F.J. do; ATROCH, A.L.; CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. Repetibilidade da produção de sementes em clones de guaraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.605-612, 2009.

PITTA, J. D. **Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo e dendrométricos em plantio de Teca (*Tectona grandis* L.)**. 2012. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém. 2012.

ROSA, J. **Distribuição espacial e raio de agregação de cancro cítrico em pomares de citros utilizando geoestatística**. 2010. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal-SP.

SEAGRI, Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. **Cultura Jenipapo**. Disponível em [www.seagri.ba.gov.br/jenipapo.htm](http://www.seagri.ba.gov.br/jenipapo.htm). Acesso em 10 de junho de 2013.

SHIMOYA, A.; PEREIRA, A.V.; FERREIRA, R. de P.; CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. Repetibilidade de características forrageiras do capim-elefante. **Scientia Agrícola**, v.59, p.227-234, 2002.

SOUZA, C. S; ALVES, S. A; HANSEN, D. S; FONSECA, A. A. O. Correlações entre Caracteres Físicos e Químicos de Jenipapeiros Nativos do Recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 270-272, 2007.

## **CAPÍTULO 1**

### **VARIABILIDADE ESPACIAL DE CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS DA *Genipa americana* L.**

## VARIABILIDADE ESPACIAL DE CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS DA *Genipa americana* L.

**RESUMO:** O presente trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial das características dendrométricas diâmetro à altura do solo (DAS) e altura total (HT) da espécie *Genipa americana* L. O experimento foi implantado em junho de 2009, no Campus Experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, Bahia (12 40'19" latitude sul e 39°06'23" de longitude oeste de Greenwich). Procedeu-se o georreferenciamento das árvores utilizando o Sistema de Posicionamento Global (GPS) do tipo Geodésico, formando malha amostral com 396, 389, 389, 384 e 384 pontos para o 1º ano, 2º ano, 3º ano, 4º ano e 5º ano, respectivamente. Foi aplicada a análise descritiva e geoestatística para as características, aplicando teste de normalidade e escolha dos modelos baseada no semivariogramas que apresentou menor soma de quadrados do resíduo (SQR), maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ), maior índice de dependência espacial (IDE) e menor efeito pepita. Assim, os dados apresentaram distribuição normal ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e foram escolhidos os modelos gaussiano e exponencial para elaboração de mapas pela técnica de krigagem ordinária, além do índice de dependência espacial moderada para todos os anos e variáveis, com aumento estruturação no decorrer do período. A geoestatística mostrou-se uma ferramenta importante na avaliação da distribuição espacial das variáveis HT e DAS da *Genipa americana* L., permitindo a visualização do aumento da variabilidade no decorrer do período através das classes de crescimento obtidas nos mapas de Krigagem da espécie.

**Palavras chave:** Espécie nativa, semivariograma, dependência espacial.

## **SPATIAL VARIABILITY OF CHARACTERISTICS DENDROMETRIC *Genipa americana* L.**

**ABSTRACT:** The present study aimed to evaluate the spatial variability of characteristics dendrometric diameter at ground height (DAS) and total height (HT) of species *Genipa americana* L. The experiment was established in June 2009 at the Experimental Campus of the Universidade Federal of Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, Bahia (12 40'19 "south latitude and 39 ° 06'23" west longitude from Greenwich). Proceeded georeferencing of trees using the Global Positioning System (GPS) type Geodesic forming sampling grid with 396, 389, 389, 384 and 384 points for the 1st year, 2nd year, 3rd year, 4th year and 5th year respectively. Descriptive analysis and geostatistics was applied to the characteristics, applying the test of normality and choice of models based on semivariograms showed that smallest sum of squares of the residue (SQR), highest coefficient of determination ( $R^2$ ), greater spatial dependence index (IDE) and lower nugget effect. Thus, the data were normally distributed ( $p \geq 0,05$ ) using the Kolmogorov-Smirnov test and the gaussian and exponential models were chosen for mapping by the technique of ordinary kriging, beyond the rate of moderate spatial dependence for each year and variable, with increased structure during the period. Geostatistical analysis is an important tool in assessing the spatial distribution of variables HT and DAS, providing visualization of increased variability during the period of growth through the classes obtained on the kriging maps of the species.

**Keywords:** Native species, semivariograms, spatial dependence.

## INTRODUÇÃO

O jenipapeiro (*Genipa americana* L.) é uma espécie arbórea com potencial socioeconômico e ambiental. A produção de madeira e frutos é uma das principais opções de renda, principalmente para pequenos agricultores, além do uso na recuperação de áreas degradadas e alimentação animal (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2002).

Apesar da ampla utilização, são poucos os estudos do jenipapeiro, principalmente sob diferentes espaçamentos, dentre estes destacam-se os estudos de Nogueira (2010) e Santos (2012).

A presença de variações nas operações silviculturais, no solo e na topografia, são exemplos de informações básicas para o manejo florestal, sendo comum o uso da estatística clássica para estimar um valor médio nas áreas reflorestadas (MELLO et al., 2005; RUFINO et al., 2006). Essas variações influenciam tanto as estimativas quanto o manejo, necessitando da utilização de ferramentas específicas, como a geoestatística. Esta se utiliza da variabilidade espacial para aferir variações de dados avaliados (CARVALHO et al., 2004). Baseando-se na teoria das variáveis regionalizadas, onde o valor de uma variável está relacionado com a sua disposição espaciais, produzindo semelhanças entre aquelas observações mais próximas e reduzindo com o aumento da distância, gerando a dependência espacial (VIEIRA et al., 1981; VAUCLIN et al., 1983).

A dependência espacial apresenta uma função numérica que oscila de um ponto para outro, levando-se em consideração a continuidade da posição espacial (FARACO et al., 2008). De forma geral, a dependência espacial de variáveis dendrométricas são subsídios para o manejo de plantios, além de possibilitar a redução dos impactos socioambientais e econômicos (PITA, 2012). A técnica de geoestatística permite um planejamento eficiente nas tomadas de decisões silviculturais e de manejo de produção.

Segundo Mello et al. (2005) embora seja utilizada com maior frequência na Geologia e Ciência do Solo, revela o potencial de uso em dados dendrométricos. Como na determinação do volume por talhão de eucalipto, a geoestatística foi economicamente e precisamente melhor que o inventário pré-corte quando realizado, segundo a teoria clássica de amostragem (MELLO et al., 2006).

Bognola et al. (2009) avaliando dados de inventário florestal de *Pinus taeda*, destacaram a continuidade espacial de dados dendrométricos por meio da estatística espacial evidenciando que as unidades amostrais não poderão ser tratadas de forma independente. Dessa forma, destaca-se a importância de utilização da ferramenta na avaliação de dados dendrométricos.

Aplicando a geoestatística em plantios com espécies florestais, destacam-se os trabalhos de Mello (2004), Mello et al. (2005), Ortiz et al. (2006), Kanagae Junior et al. (2007), Bognola et al. (2008), Rosa Filho et al. (2011) e Pelissari (2012).

De forma geral, destaca-se a necessidade de realizar estudos com o jenipapeiro, a fim de conhecer o desenvolvimento espacial dos indivíduos em plantio por meio da geoestatística. Além das informações sobre crescimento do jenipapeiro, seu uso proporcionará subsídios para o desenvolvimento de plantios florestais da espécie, através do manejo diferenciado com aplicação de técnicas de precisão, tornando assim, opção tanto para pequenos produtores quanto demais, na oferta dos múltiplos produtos, entre eles o frutífero e madeireiro.

Mediante ao exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial de características dendrométricas, diâmetro ao nível do solo (DAS) e altura total (HT) da espécie *Genipa americana* L.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Localização do estudo**

O experimento foi implantado em junho de 2009, no Campus Experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, Bahia (12 40'19" latitude sul e 39°06'23" de longitude oeste de Greenwich) (Figura 1). Segundo classificação de Köppen, o clima é do tipo tropical quente e úmido. A precipitação média é de 1.170 mm por ano, a temperatura média anual de 24,5°C e a umidade relativa do ar de aproximadamente 80% (LIMA FILHO et al., 2013).

O solo é denominado como Latossolo Amarelo Distrocoeso argissólico, apresentando textura média e relevo plano segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

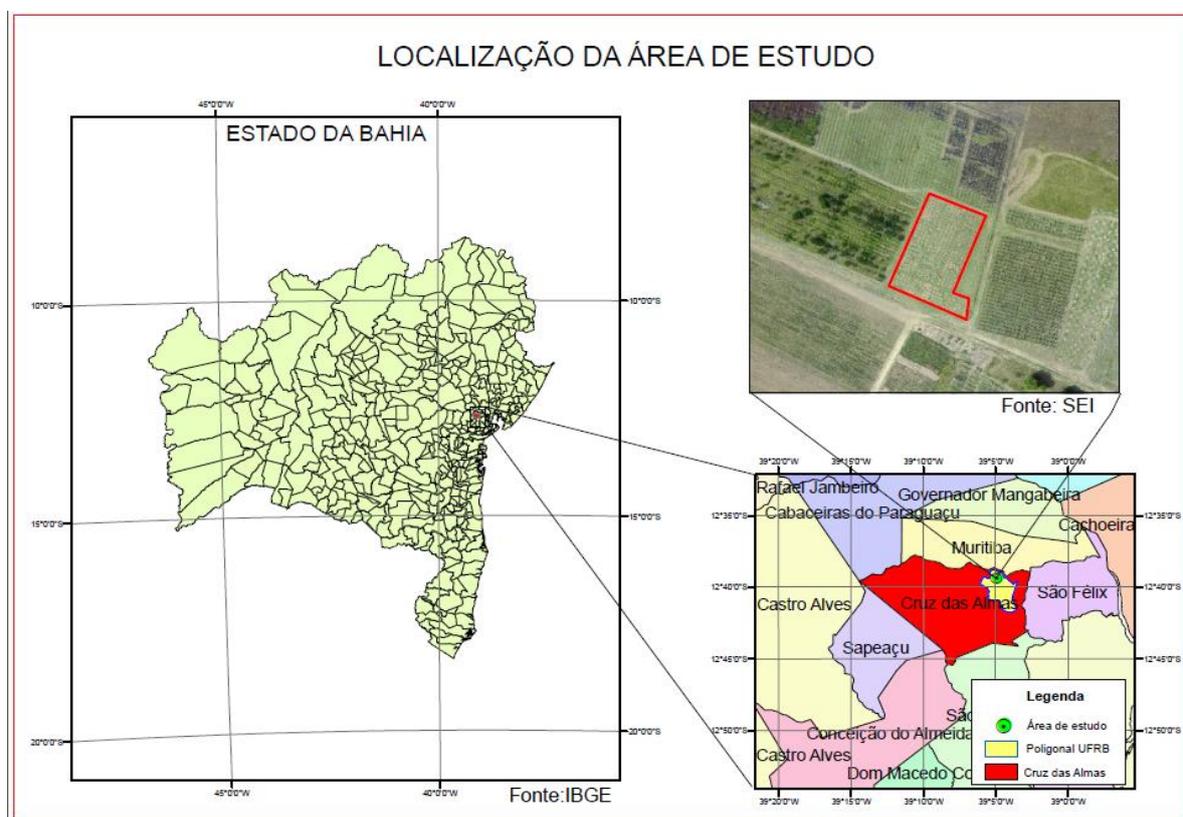
A alocação de plantas em campo foi em blocos ao acaso, com cinco espaçamentos (3,0 x 1,5 m; 3,0 x 2,0 m; 3,0 x 2,5 m; 3,0 x 3,0 m e 3,0 x 3,5 m) e quatro repetições, sendo 25 plantas por parcela.

Foram avaliadas as variáveis altura total (HT) e diâmetro ao nível do solo (DAS) do jenipapeiro, em cinco medições (2010, 2011, 2012, 2013 e 2014).

O georreferenciamento procedeu-se com a identificação das árvores individualmente, utilizando-se o Sistema de Posicionamento Global (GPS) do tipo Geodésico, formando uma malha de pontos com auxílio dos recursos do software ArcGIS 10.1/ArcMap. Assim, as coordenadas UTM de todas as árvores formaram uma malha amostral com 396, 389, 389, 384 e 384 árvores remanescentes para o 1º ano, 2º ano, 3º ano, 4º ano e 5º ano, respectivamente.

Para a análise descritiva e geoestatística foram utilizadas as plantas remanescentes, ou seja, para cada ano apresentou uma malha com quantidade pontos distintos para as variáveis dendrométricas altura total (HT) e diâmetro ao nível do solo (DAS).

Figura 1. Localização da área do estudo, Cruz das Almas, 2014.



## Estatística descritiva

Para estudo das variáveis HT e DAS, realizou-se a análise exploratória dos dados, com o intuito de observar o comportamento geral, destaque para tendência central e variância. Segundo Mello (2004) apesar da estatística descritiva não considerar a dependência espacial, é de grande relevância na identificação de valores discrepantes que comprometam a análise geoestatística.

A estatística descritiva compreendeu a análise dos valores de média aritmética; valor máximo; valor mínimo; mediana; desvio padrão; variância; coeficiente de variação; coeficiente de assimetria; coeficiente de curtose e teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov, procedimentos realizados com o auxílio do programa estatístico ASSISTAT versão 7. 6 beta (SILVA, 2011).

O coeficiente de variação foi classificado de acordo Warrick e Nielsen (1980), onde os valores entre 12% e 60% corresponderam de média variação e os valores abaixo e acima deste intervalo, como de baixa e alta variação, respectivamente.

## Geoestatística

A dependência espacial dos pontos amostrados 396, 389, 389, 384 e 384 das variáveis HT e DAS foram estudadas pelas técnicas da Geoestatística com as pressuposições de estacionariedade da hipótese intrínseca, onde a semivariância da diferença é influenciada somente pela distância entre os pontos amostrados.

Na realização das análises dos semivariogramas, foi utilizado o software GS+ v.9 (ROBERTSON, 2008). As Semivariâncias, obtidas em razão da distância entre os pontos foram encontradas por meio da seguinte equação:

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2$$

em que: N é o número de pares experimentais; Z(X<sub>i</sub>) é o valor determinado de cada ponto; e Z(X<sub>i</sub>+h) é o valor de um ponto somado uma distância num ponto mais uma distância (h).

Para a análise do índice de dependência espacial (IDE), foi utilizada a relação  $C_0/(C_0 + C)$  e os intervalos propostos por Cambardela et al. (1994).

A análise dos semivariogramas compreendeu os modelos que apresentaram menor soma de quadrados do resíduo (SQR), maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ), maior índice de dependência espacial (IDE) e menor efeito pepita conforme (ZIMBACK, 2001; MELLO et al., 2008).

Os mapas foram elaborados pela técnica de krigagem ordinária para estimar pontos não amostrados, utilizando o programa GS+ v.9 (ROBERTSON, 2008), sendo estimados os mapas para altura total e diâmetro ao nível do solo para as avaliações com dependência espacial.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Análise descritiva

A Tabela 1 apresenta análise descritiva para as duas variáveis dendrométricas HT e DAS da *Genipa americana* L. nas distintas idades. As médias da HT e DAS apresentam crescimento ao longo dos períodos avaliados.

As variáveis dendrométricas altura total (HT) e diâmetro ao nível do solo (DAS) apresentaram distribuição normal, ao nível de significância de 5% pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Segundo Mello et al. (2005), a geoestatística não exige a normalidade dos dados para ser aplicada. Contudo, a normalidade dos dados contribui para um ajuste mais eficiente do semivariograma, além de favorecer melhores respostas da krigagem (PAZ-GONZALEZ et al., 2001; MACHADO et al., 2007).

Os valores próximos da média e mediana indicam de distribuições simétricas (Tabela 1), os valores dos coeficientes de assimetria e curtose próximo de zero indicam distribuição simétrica, conforme Carvalho et al. (2002).

O coeficiente de variação (CV) das variáveis altura total e diâmetro ao nível do solo apresentaram percentuais entre 30,44 a 39,68 e de 26,86 a 28,48, respectivamente (Tabela 1), classificado como médio, segundo Warrick e Nielsen (1980). O CV associado ao desvio padrão expressa a variação dos dados dendrométricos, porém, não corresponde a uma informação da estrutura de

dependência espacial dos mesmos, pois esta apenas poderá ser obtida por meio da aplicação das técnicas geoestatísticas (SOUZA, 1999).

O CV das variáveis estudadas tiveram maiores valores no primeiro ano, sendo 39,69% e 28,48% para altura total e diâmetro ao nível do solo, respectivamente.

**Tabela 1.** Estatística descritiva referente as características Altura Total (HT) e Diâmetro ao Nível do Solo (DAS) de *Genipa americana* nos cinco períodos avaliados, Cruz das Almas, 2014.

Variável	Idade (ano)	N	$\mu$	M	Mín	Máx	$\Sigma$	$\sigma^2$	Cv	$\gamma_1$	$\phi$	K-S
HT	1	396	0,514	0,500	0,090	1,120	0,204	0,042	39,69	0,13	-1,14	0,0406 <sup>ns</sup>
	2	389	0,970	0,950	0,290	2,030	0,362	0,131	37,31	0,32	-0,49	0,0480 <sup>ns</sup>
	3	389	1,279	1,280	0,380	2,390	0,443	0,196	34,66	0,03	-0,81	0,0488 <sup>ns</sup>
	4	384	1,733	1,750	0,410	3,270	0,550	0,302	31,72	0,06	-0,34	0,0444 <sup>ns</sup>
	5	384	2,072	2,050	0,500	4,200	0,630	0,397	30,44	0,15	-0,03	0,0456 <sup>ns</sup>
DAS	1	396	1,907	1,907	0,620	3,840	0,543	0,295	28,48	0,00	-0,11	0,0328 <sup>ns</sup>
	2	389	3,012	2,999	1,140	5,120	0,849	0,721	28,20	0,12	-0,56	0,0358 <sup>ns</sup>
	3	389	3,463	3,395	1,360	5,730	0,930	0,865	26,86	0,09	-0,63	0,0468 <sup>ns</sup>
	4	384	4,487	4,393	1,740	8,430	1,268	1,608	28,26	0,28	-0,54	0,0504 <sup>ns</sup>
	5	384	5,531	5,425	1,900	9,411	1,539	2,370	27,83	0,21	-0,46	0,0456 <sup>ns</sup>

n: número de pontos amostrados;  $\mu$ : média; mín: valor mínimo; M: mediana; máx: valor máximo;  $\sigma$ : desvio-padrão;  $\sigma^2$ : variância; cv: coeficiente de variação(%);  $\gamma_1$ : coeficiente de assimetria;  $\phi$ : coeficiente de curtose, K-S : teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov; ns: apresenta distribuição normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ( $p < 0,05$ ).

### Análise geoestatística

Os parâmetros de ajuste do semivariograma estão apresentados na Tabela 2. Os modelos gaussiano e exponencial foram selecionados, pois apresentaram melhores ajustes do semivariograma para as variáveis HT e DAS avaliadas, semelhantes aos resultados do trabalho de Pita (2012) no estudo avaliando das variáveis DAP e altura para *Tectona grandis*. Klein et al. (2007), encontraram os melhores ajustes pelo método exponencial para a variável altura, avaliando ipê-roxo (*Tabebuia avellaneda*).

Os valores do índice de dependência foram obtidos com o ajuste para cada período e variável, ficando entre 0,479 a 0,680 indicando dependência espacial moderada (Tabela 2), segundo Cambardela et al. (1994), consideraram a dependência espacial fraca ( $IDE > 75 \%$ ), moderada ( $25 \% \leq IDE \leq 75 \%$ ) e forte ( $IDE < 25 \%$ ). Observa-se uma tendência de aumento da dependência de 0,680 para 0,479 após as cinco medições, para as variáveis dendrométricas HT e DAS, indicando que a localização está interferindo no crescimento da espécie. Essa tendência foi diferente no trabalho de Kanegae Junior et al. (2007), avaliando povoamentos de *Eucalyptus* sp, onde a maioria apresentou redução da dependência espacial.

Ainda na Tabela 2, os valores de alcance para os períodos analisados foram entre 193,10 a 210,90m e 181,00 a 210,90m para HT e DAS, respectivamente, sendo estes, considerados altos. Estes resultados mostram que o crescimento das plantas poderá atingir um alcance em uma grande área de abrangência, podendo influenciar no manejo de povoamento de jenipapeiro. Corá et al. (2004), com intuito de obterem resultados confiáveis por meio de técnicas de geoestatística, citam a importância de obter valores de alcance altos, pois, baixos valores podem influenciar na qualidade das estimativas, devido ao uso de poucos pontos para realização da interpolação. Quanto maior for o alcance, melhor estruturada espacialmente estará à variável, além de uma relação inversa com o efeito pepita (KANGAE JUNIOR et al., 2007).

Os baixos valores de efeito pepita ( $C_0$ ) das variáveis dendrométricas, indicam que o trabalho apresenta uma correta amostragem na área, expressando a continuidade espacial de uma variável ou atributo, sendo indícios de maior variabilidade dos dados aferidos no processo de amostragem (SIQUEIRA et al., 2008). Isaaks e Srivastava (1989), citam o  $C_0$  como forte influenciador na krigagem e através de baixos valores do pepita, contribui para um menor erro de estimação. Os valores encontrados neste trabalho são similares aos apresentados por Rosa Filho et al., (2011) para as variáveis dendrométricas altura (HT) e perímetro a altura do peito (PAP) de *Eucalyptus urophylla*.

O efeito pepita ( $C_0$ ) aumentou em função da idade para as duas variáveis estudadas (Tabela 2). O resultado significa que a estrutura espacial foi

influenciada pela idade do plantio, proporcionando informações relevantes para uma classificação de sítio com base na estrutura contínua de dados no espaço.

**Tabela 2.** Parâmetros dos modelos ajustados dos semivariogramas em função da idade, Altura Total (HT) e Diâmetro ao nível do solo (DAS) da *Genipa americana* L. nos cinco períodos avaliados, Cruz das Almas, 2014.

Variável	Idade (ano)	Modelo	$C_0^{(1)}$	$C_0+C^{(2)}$	A (m) <sup>(3)</sup>	IDE <sup>(4)</sup>	$R^2^{(5)}$	SQR <sup>(6)</sup>
HT	1	Gaussiano	0,039	0,057	193,10	0,680	0,858	7,38E-06
	2	Gaussiano	0,126	0,189	180,20	0,667	0,873	4,17E-05
	3	Exponencial	0,169	0,324	210,90	0,522	0,867	3,10E-04
	4	Exponencial	0,260	0,531	210,90	0,490	0,776	1,02E-03
	5	Exponencial	0,342	0,714	210,90	0,479	0,812	1,40E-03
DAS	1	Gaussiano	0,281	0,452	181,00	0,622	0,695	6,07E-04
	2	Exponencial	0,618	1,137	210,90	0,544	0,884	5,83E-03
	3	Exponencial	0,760	1,451	210,90	0,524	0,917	7,68E-03
	4	Gaussiano	1,386	2,703	210,90	0,513	0,698	4,24E-02
	5	Exponencial	1,999	3,999	199,80	0,500	0,792	7,54E-02

<sup>(1)</sup>Efeito pepita; <sup>(2)</sup>Patamar; <sup>(3)</sup>Alcance; <sup>(4)</sup>Índice de dependência; <sup>(5)</sup>Coefficiente de determinação; <sup>(6)</sup>Soma do quadrado do resíduo.

Os mapas interpolados (krigagem ordinária) das variáveis altura total (HT) e diâmetro ao nível do solo (DAS) mostram zoneamento dos locais de maiores e menores crescimento do jenipapeiro (Figura 2 e 3). O zoneamento ao longo dos anos indica que pouca alteração, ou seja, os potenciais locais dos primeiros anos permanecem em sua maioria com aumento da idade, além do crescimento da dependência espacial, onde os locais com tons de cinzas mais escuros destacam-se com maiores valores.

Nas Figuras 2 e 3 os locais com menor potencial de crescimento ocupam uma maior área em todos os mapas, principalmente nos primeiros anos.

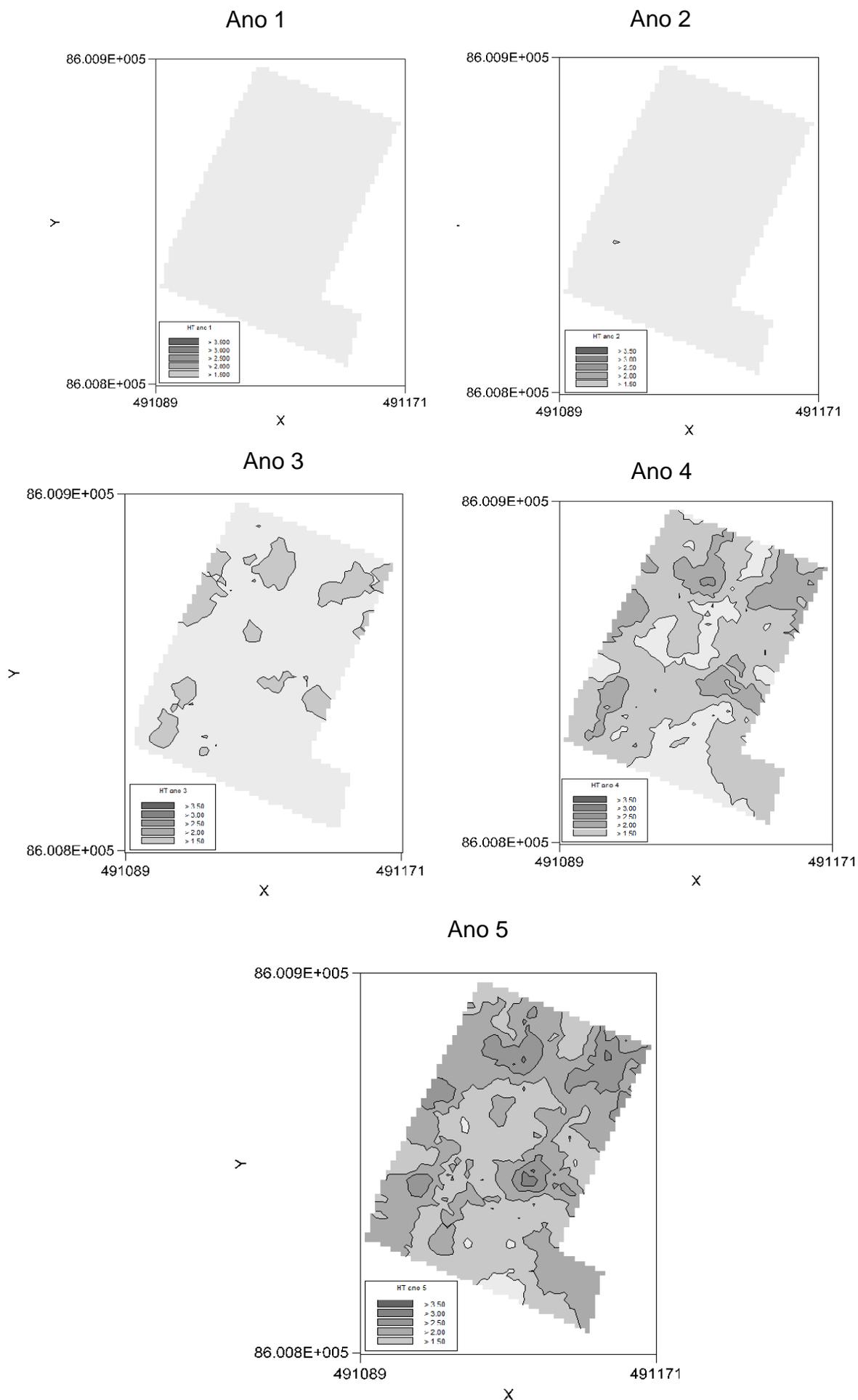


Figura 2 – Variabilidade espacial da altura total (HT) (m) em função da idade. Cruz das Almas, 2014.

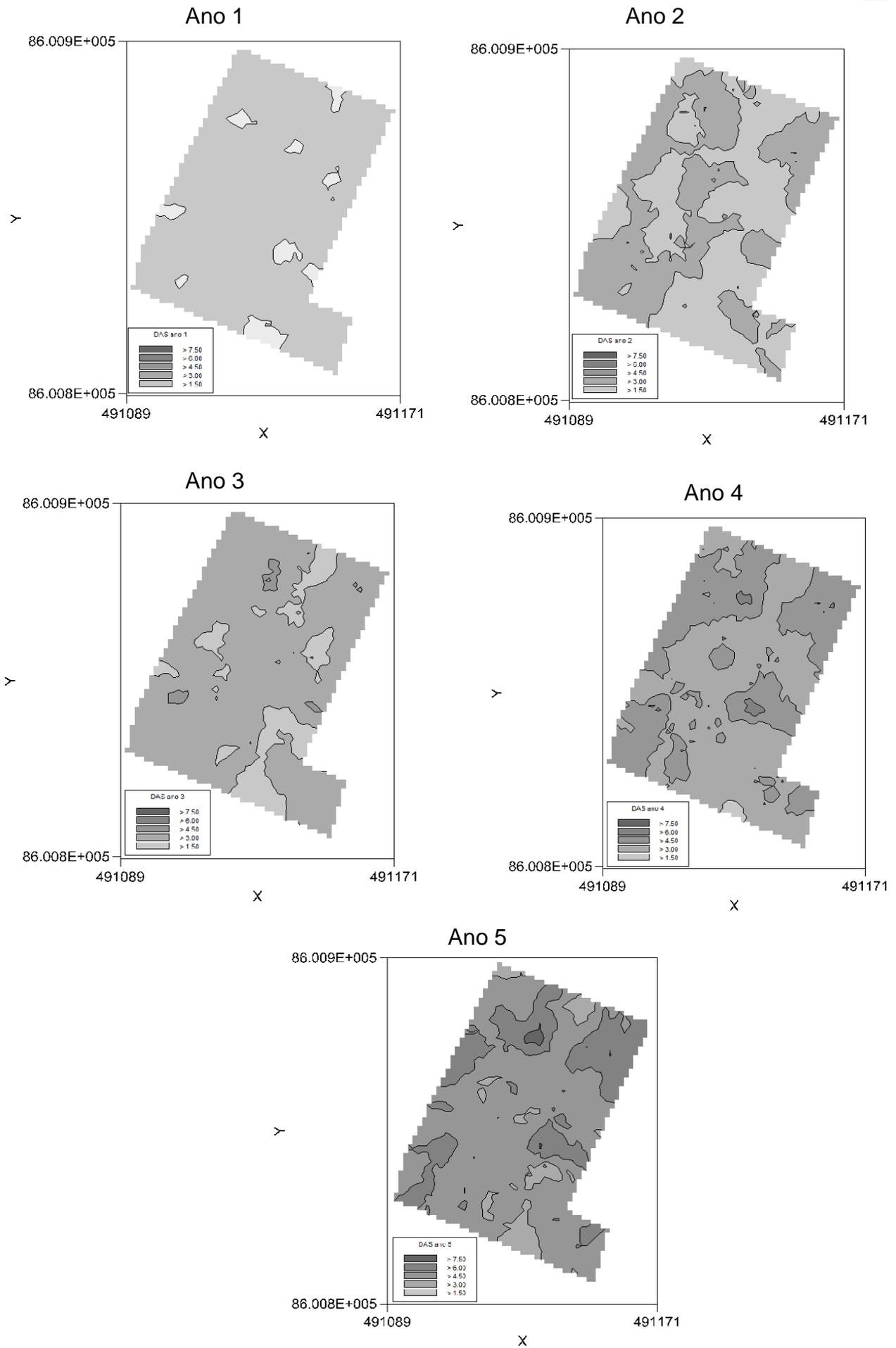


Figura 3 - Variabilidade espacial do diâmetro ao nível do solo (cm) em função da idade. Cruz das Almas, 2014.

## CONCLUSÕES

As variáveis dendrométricas HT e DAS plantas de *G. americana* apresentam dependência espacial moderada e variabilidade espacial com o aumento da idade.

Os modelos gaussiano e exponencial foram os que melhores representaram a variabilidade espacial das variáveis dendrométricas HT e DAS.

A geoestatística mostrou-se uma ferramenta eficiente na avaliação da distribuição espacial das variáveis HT e DAS da *G. americana*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOGNOLA, I. A.; HIGA, A. R.; STOLLE, L.; OLIVEIRA, E. B. de. ; FRANCISCON, L. Modelagem da variabilidade espacial do rendimento produtivo de *Pinus taeda* L. com uso da geoestatística. In: SIMPÓSIO DE GEOESTATÍSTICA APLICADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2., 2009, Botucatu. **Anais...Botucatu - SP: UNESP, 2009.p** 1-4.

BOGNOLA, I. A.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J.; Alves da SILVA, E. A.; LINGNAU, C.; HIGA, A. R. Modelagem uni e bivariada da variabilidade espacial de rendimento de *Pinus taeda*L. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, 2008.

CAMBARDELLA, C. A. et al. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soil. **Soil Science Society American Journal**, v. 58, n. 5, p. 1501-1508, 1994.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 1039 p, 2003.

CARVALHO, J.R.P.; DECHEN, S.C.F. & DUFRANC, G. Variabilidade espacial da agregação do solo avaliada pela geometria fractal e geoestatística. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:1-9, 2004.

CARVALHO, J.R.P.; SILVEIRA, P.M.; VIEIRA, S.R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p.1151-1159, 2002.

CORÁ, J. E.; ARAUJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 1013-1021, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA, 2006. 306 p.

FARACO, M. A.; URIBE-OPAZO, M. A.; SILVA, E. A. A. da; JOHANN, J. A.; BORSSOI, J. A. Seleção de modelos de variabilidade espacial para elaboração de mapas temáticos de atributos físicos do solo e produtividade da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 463-476, 2008.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA R. M. **Na Introduction to Applied Geostatistics**. New York, Oxford University Press, 1989. 560p.

KANEGAE JUNIOR, H.; MELLO, J. M. de; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. de. Avaliação da continuidade espacial de características dendrométricas em diferentes idades de povoamentos clonais de *Eucalyptus sp.* **Revista Árvore**, Viçosa-MG. v. 31, n. 5, p. 859-866, 2007.

KLEIN, W. L.; SOUZA, E. G.; URIBE-OPAZO, M. A.; NÓBREGA, L. H. P. .Altura do ipê-roxo (*tabebuia avellanedae*) no manejo convencional e de precisão analisada pela geoestatística. **Ciência Florestal**, v. 17, v. 4; p. 299-309, 2007.

LIMA FILHO, A. F.; COELHO FILHO, M. A.; HEINEMANN, A. B. Determinação de épocas de semeadura do feijão caupi no Recôncavo Baiano através do modelo

CROPGRO. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande-PB, v.17, n.12, p.1294–1300, 2013.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda. v. 1, 2002.

MACHADO, L. O.; LANA, A. M. Q.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C.; FERREIRA, C. V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.31, n.3,p.591-599, 2007.

MELLO, C. R.; VIOLA, M. R.; MELLO, J. M.; SILVA, A. M. Continuidade espacial de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.2, p.532-539, 2008.

MELLO, J. M. de. **Geoestatística aplicada ao inventário florestal**. 2004. 122 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor Ciências Agrárias, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ-USP), Piracicaba, SP.

MELLO, J. M. de; BATISTA, J. L. F.; OLIVEIRA, M. S. de.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J. Estudo da dependência espacial de características dendrométricas para *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 113-126, 2005.

MELLO, J. M.; OLIVEIRA, M. S.; BATISTA, J. L. F.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J. ; KANEGAE JUNIOR, H. Uso do estimador geoestatístico para predição volumétrica por talhão. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 2, p. 251-260, 2006.

NOGUEIRA, A. L. B.; NOVAES, A. B.; **Desempenho do Jenipapeiro (Genipa americana L.) submetido a diferentes densidades de plantio no Planalto de Conquista**. Bahia: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2010. 9 p. Monografia.

ORTIZ, J. L.; VETTORAZZI, C. A.; COUTO, H. T. Z. do; GONÇALVES, J. L. de M. Relações espaciais entre o potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo. **Scientia Forestalis**, n. 72, p. 67-79, 2006.

PAZ-GONZALEZ, A.; TABOADA CASTRO, M. T.; VIEIRA, S. R. Geostatistical analysis of heavy metals in a one-hectare plot under natural vegetation in a serpentine area. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 81, p. 469-479, 2001.

PELISSARI, A. L. **Silvicultura de precisão aplicada ao desenvolvimento de *Tectona grandis* L. na região Sul do estado de Mato Grosso**. 2012. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá - MT.

ROBERTSON, G.P. **GS+: Geostatistics for the Environmental Sciences**. **Gamma Design Software**, Plainwell, Michigan USA, 2008, 162 p.

ROSA FILHO, G.; CARVALHO, M. P.; MONTANARI, R.; SILVA, J. M.; SIQUEIRA, G. M.; ZAMBIANCO, E. C. Variabilidade espacial de propriedades dendrométricas do eucalipto e de atributos físicos de um Latossolo Vermelho. **Bragantia**, v. 70, n.2, p. 439-446, 2011.

RUFINO, T. M. C.; THIERSCH, C. R.; FERREIRA, S. O.; KANEGAE JUNIOR, H.; FAIS, D. Uso da Geoestatística no estudo da relação entre variáveis dendrométricas de povoamentos de *Eucalyptus* sp. e atributos do solo. **Ambiência**, v. 2, n. 1, p. 83-93, 2006.

SANTOS, Pedro de Almeida. **Manejo do jenipapeiro (*Genipa americana* L.) para produção de madeira e avaliação da diversidade genética por meio de marcadores moleculares**. 2012.44f. Dissertação (Mestrado) – Universidade

Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Cruz das Almas BA.

SILVA, F. A. S. **ASSISTAT Versão 7.6 Beta (2011)**. Disponível em: <[HTTP://www.assistat.com/indexp.html#ref](http://www.assistat.com/indexp.html#ref)>. Acesso em: 24 de jun. 2014.

SIQUEIRA, G. M.; VIEIRA, S. R.; CEDDIA, M. B. Variabilidade de atributos físicos do solo determinados por métodos diversos. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.203-211, 2008.

SOUZA, G. S.; LIMA, J. S. S.; XAVIER, A. C.; ROCHA, W. S. D. Krigagem ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na espacialização de atributos químicos de um argissolo. **Revista Scientia Agraria**, v.11, p.73-81, 2010.

SOUZA, L.C. de. **Variabilidade espacial da salinidade de um solo aluvial no semi-árido paraibano**. Campina Grande, 1999. 77p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba.

VAUCLIN, M.; VIEIRA, S.R.; VACHAUD, G.; NIELSEN, D.R. The use of cokriging with limited field soil observations. **Soil Science Society of America Journal**, v.47, p.175-184, 1983.

VIEIRA, S.R.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Spatial variability of field-measured infiltration rate. **Soil Science Society of America Journal**, v.45, n.6, p.1040-1048, 1981.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of some physical properties of the soil. In: Hill, D. ed. **Applications of soil physics**, New York: Academic Press, Cap. 13, p. 319-344, 1981.

ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade estadual Paulista.

## CAPÍTULO 2

### ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE REPETIBILIDADE PARA CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DO JENIPEIRO (*Genipa americana* L.) EM PLANTIOS FLORESTAIS<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>Artigo submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Pesquisa Agropecuária Brasileira.

## **ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE REPETIBILIDADE PARA CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DO JENIPEIRO (*Genipa americana* L.) EM PLANTIOS FLORESTAIS**

**RESUMO:** O presente trabalho teve como objetivo estimar o coeficiente de repetibilidade e o número mínimo de medições para as características dendrométricas do jenipapeiro. O experimento foi implantado em Latossolo Amarelo Distrocoeso argissólico em Cruz das Almas, BA. A alocação das plantas foram em blocos casualizados com cinco espaçamentos e quatro repetições, medindo três características. As avaliações foram anuais, entre junho de 2010 a 2014. Foram utilizados os métodos das análises de variância (ANOVA), de componentes principais a partir das matrizes de variância e covariância fenotípica (CPCOV), de correlação (CPCOR) e análise estrutural (AECOR) para estimativa do coeficiente de repetibilidade. Os métodos CPCOR e AECOR apresentam valores semelhantes para os coeficientes de repetibilidade e o de determinação em todas as características. Pelo método CPCOV é necessária uma medição, com 95% de acurácia, para avaliar o efeito fenotípico das características altura total, diâmetro ao nível do solo e área basal de jenipapeiro. As estimativas dos coeficientes de repetibilidade para as características estudadas são elevadas, permitindo seleção de genótipos superiores em curto espaço de tempo, auxiliado nos programas de conservação e melhoramento da espécie.

**Palavras chave:** Número de medições, dendrometria, conservação.

# REPEATABILITY ESTIMATED COEFFICIENT FOR GROWTH CHARACTERISTICS JENIPAPEIRO (*Genipa americana*L.) PLANTATION IN FOREST

**ABSTRACT:** This study aimed to estimate the coefficient of repeatability and the minimum number of measurements for characteristics dendrometric for the jenipapeiro. The experiment was established in Oxisoil Distrocoeso argisolic Cruz das Almas, Bahia. The location of the plant was a randomized block with four replications and five separations, measuring three characteristics. The assessments were yearly from June 2010-2014. The location of the plant was a randomized block with four replications and five separations, measuring three characteristics. Methods were used analysis of variance (ANOVA), principal components from the matrix of phenotypic variance and covariance analysis (CPCOR), and the correlation (CPCOV) and structural analyses (AECOR) for estimate. For all periods assessed total height (HT), diameter at ground level (DAS) and basal area (G). The methods of CPCOR and AECOR show similar values for both repeatability coefficient to determine in all characteristics CPCOV by the method of measurement is necessary, with 95% accuracy, to evaluate the phenotypic effect of the characteristics by the method of measurement is necessary, with 95% accuracy, to evaluate the phenotypic effect of the total character height, diameter at ground level and basal of jenipapeiro. The coefficient of repeatability of the features studied are high, allowing selection of superior genotypes in short time, aided in the conservation programs and improvement of the species.

**Keywords:** Number of measurements, dendrometric, conservation.

## INTRODUÇÃO

O jenipapeiro (*Genipa americana* L.) é uma espécie utilizada na construção civil, naval, culinária, medicina popular e recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 2002). A exploração econômica desta espécie tem ocorrido de forma extrativista, sem observância de critérios e indicadores de sustentabilidade do manejo florestal. Desta forma, é necessário o desenvolvimento de pesquisas com aplicação de práticas de manejo, sem que haja perda da biodiversidade (SOUSA, 2009).

A pouca informação do comportamento ecológico e silvicultural dessa espécie em plantios florestais tem dificultado o cultivo do jenipapeiro para diversas finalidades. O conhecimento das características ecológicas e silvicultural do jenipapeiro permite inferir sobre o estabelecimento e desenvolvimento da cultura em plantios florestais e sistemas de manejo. Estas informações são importantes para a ampliação dos programas de reflorestamento e melhoramento da espécie.

As informações fenotípicas de um caráter são decorrentes dos efeitos do genótipo e do ambiente, tão quanto a sua interação, permitindo afetar na acurácia e na avaliação de um determinado caráter (FALCONER, 1981). Partindo deste princípio, surge a importância de obter informações sobre a expressão fenotípica em diferentes fases e/ou anos de avaliações para promover um aumento na confiabilidade dos valores genéticos na manifestação de um fenótipo (VIEIRA et al., 2009).

Desta forma, as informações sobre o comportamento morfológico de um genótipo, avaliado no decorrer do tempo, são essenciais para a constatação da estabilidade do genótipo. Quando várias aferições de uma mesma característica puderem ser efetuadas em cada indivíduo, a variância fenotípica poderá ser parcelada, servindo para quantificar o ganho de precisão, pela repetição das medidas, e explicitando a variação causada pelo ambiente (FALCONER, 1981). Isso garante informações essenciais para os programas de conservação e melhoramento de uma espécie, servindo para estimar o tempo necessário para observar o real valor do fenótipo do indivíduo.

Segundo Costa (2003) a aplicação da repetibilidade proporciona resultados precisos, além da economia de tempo e mão de obra em experimentos, na determinação do tempo necessário para identificação de indivíduos superiores com maior rapidez e precisão dos resultados obtidos. Essa análise poderá estimar o valor real do indivíduo, através da junção do efeito genético e do ambiente, com informações corretas e com baixo custo (LESSA et al., 2014). A repetibilidade tem como função expressar a proporção da variância total, que é dada pelas variações proporcionadas pelo genótipo e pelo ambiente com alterações permanentes (CRUZ et al., 2004).

Para a espécie do jenipapeiro não existe registros em literatura com informações sobre a estimativa do coeficiente repetibilidade. Diversas espécies tem sido beneficiadas com informações sobre o assunto, como mangueira (COSTA, 2003), cajazeira (SOARES et al. 2008), guaraná (NASCIMENTO FILHO et al. 2009) araçazeiro e pitangueira (DANNER et al., 2010), laranjeiras-doce (NEGREIROS et al. 2008, 2014), bacabi (OLIVEIRA et al. 2010), macaúba (MANFIO et al. 2011), pessegueiro (BRUNA et al. 2012) entre outras. Entretanto, são poucos trabalhos com dados dendrométricos, a exemplo do *Pinus sp*, quanto às características altura total da planta, diâmetro à altura do peito e volume (CORNACCHIA et al., 1995).

Desta forma, O presente trabalho teve como objetivo estimar o coeficiente de repetibilidade e o número mínimo de medições para as características dendrométricas do jenipapeiro.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi implantado no Campus Experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), em junho de 2009, no município de Cruz das Almas, Bahia (12°40'19" latitude sul e 39°06'23" de longitude oeste de Greenwich). Esta por sua vez, trata-se de uma região, que segundo a classificação de Köppen, apresenta clima do tipo tropical quente e úmido. A precipitação média de 1.170 mm por ano, temperatura média anual de 24,5°C e umidade relativa do ar de aproximadamente 80% (LIMA FILHO et al., 2013). O solo é denominado Latossolo Amarelo Distrocoeso argissólico, apresentado

textura média e relevo plano, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

A alocação de plantas em campo é correspondente a cinco espaçamentos (3,0 x 1,5 m; 3,0 x 2,0 m; 3,0 x 2,5 m; 3,0 x 3,0 m e 3,0 x 3,5 m) distribuídos em blocos ao acaso, com quatro repetições e um total de 384 genótipos remanescentes.

Foram avaliados as características altura total (HT) e diâmetro ao nível do solo (DAS) e a área basal (G) obtidos, respectivamente, com auxílio de uma trena milimetrada e paquímetro digital em plantas de jenipapeiro nos cinco anos avaliados (2010, 2011, 2012, 2013 e 2014).

Os coeficientes de repetibilidade foram estimados com base em quatro métodos estatísticos. Sendo eles a análise de variância (ANOVA), utilizando o modelo com dois fatores de variação (genótipos e período de avaliação), componentes principais com base na matriz de correlações (CPCOR), de covariâncias (CPCOV) e análise estrutural com base na matriz de correlações (AECOR).

Para a ANOVA, o modelo estatístico adotado considerou dois fatores de variação, onde:

$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \epsilon_{ij}$ , em que:  $Y_{ij}$  é média do  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo ano;  $\mu$  é a média geral do caráter no experimento;  $g_i$  é o efeito aleatório do  $i$ -ésimo genótipo sob a influência do ambiente permanente;  $a_j$  corresponde ao efeito fixo do  $a$ -ésimo ano; e  $\epsilon_{ij}$  corresponde ao erro experimental que envolve outras causas de variação não incluídas no modelo (efeitos temporários do ambiente).

O esquema da análise de variância está apresentado na Tabela 1:

**TABELA 1.** Esquema de análise de variância utilizado para estimar a variância permanente e a variância ambiental, para os dois fatores de variação.

Fonte de variação	GL	QM	E(QM) <sup>1</sup>
Ano	a-1	QMA	-
Genótipo	g-1	QMG	$\sigma^2 + \eta\sigma_g^2$
Resíduo	(g-1)(r-1)	QMR	$\sigma^2$
Total	gr-1		

<sup>1</sup>  $\sigma^2$ : variância ambiental;  $\sigma_g^2$ : variância genotípica;  $\eta = a$ ; número de medições (anos)

Com base na análise de variância para o modelo utilizado, foram obtidos os quadrados médios (QM) e as esperanças dos quadrados médios  $E(QM)$ , para genótipos e resíduo, dados por  $\sigma^2 + \eta\sigma_g^2$  e  $\sigma^2$ , respectivamente. Aplicando a equação para o cálculo do coeficiente de repetibilidade encontrou-se:

$$r = \frac{C = (Y_{ij}, Y_{ij'})}{\sqrt{\hat{V}(Y_{ij})\hat{V}(Y_{ij'})}} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_f^2} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}^2}$$

Onde “r” é o coeficiente de repetibilidade;  $\hat{\sigma}_g^2$ , a variância atribuída aos efeitos confundidos de genótipo e ambiente permanente e  $\hat{\sigma}^2$  a variância residual.

O método dos componentes principais permite estimar o coeficiente de repetibilidade de duas formas: a primeira por meio da matriz de variâncias e covariâncias fenotípicas (CPCOV) e a segunda, por meio da matriz de correlação (CPCOR) (ABEYWARDENA 1972). Proposto por Mansour et al. (1981), o método foi baseado na análise estrutural, a partir do autovalor teórico da matriz de correlação ou correlação média (AECOR).

O número de medições foi realizado visando prever o valor real dos genótipos com base em coeficientes de determinação ( $R^2$ ) pré-estabelecidos (0,80, 0,85, 0,90, 0,95 e 0,99), calculado pela expressão:

$$\eta = \frac{R^2(1-r)}{(1-R^2)r}$$

Com base na média dos  $\eta$  anos ( $\eta = 5$ ), número de medições realizadas e r (coeficiente de repetibilidade), obtidos de acordo com as diferentes metodologias utilizadas, foi calculado o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), que representa a porcentagem de certeza da predição do valor real dos indivíduos selecionados com base em  $\eta$  medições, obtidos pela expressão:

$$R^2 = \frac{\eta r}{[1+r(\eta-1)]}$$

em que:  $\eta$  = número de medições; r = coeficiente de repetibilidade obtido de acordo com um dos diferentes métodos utilizados, fornecida por Cruz et al. (2004). As médias das cinco aferições, para cada característica analisada, foram comparadas pelo teste de Scott & Knott, a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas no Aplicativo Computacional em Genética e Estatística - GENES (CRUZ, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de variação (CV) das características avaliadas encontra-se na Tabela 2. Das três características, o diâmetro ao nível do solo apresentou o menor CV. Enquanto a área basal obteve o maior valor, com 60,10, sendo indicativo de forte influência de ambiente.

As médias anuais para as características analisadas foram significativas pelo teste de Scott & Knott ( $P \leq 0,05$ ) (Tabela 2). Esses resultados indicam que as plantas avaliadas encontram-se em crescimento, ou seja, as características analisadas desenvolveram com aumento da idade.

Foram identificadas diferenças significativas entre os 384 genótipos e entre os tratamentos de jenipapeiro para as características HT, DAS e G, considerando a análise em cinco anos, detectando existência de heterogeneidade entre genótipos, indicando variabilidade com possibilidade de seleção dos mais promissores.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância e teste de média para as características altura total (HT), diâmetro ao nível do solo (DAS) e área basal (G) de 384 genótipos de *Genipa americana* no período de idade de cinco anos. Cruz das Almas, 2014.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		HT (m)	DAS (cm)	G (m <sup>2</sup> )
Anos	4	77,3085*	390,31*	0,0002*
Genótipos	383	2,0513*	14,95*	0,000003*
Resíduo	1532	0,1057	0,54	0,0000003
CV(%)		33,11	26,63	60,10
Média Geral		0,982	2,78	0,0009
Ano 1		0,517e	1,92e	0,0003e
Ano 2		0,972d	3,01d	0,0007d
Ano 3		1,281c	3,46c	0,0010c
Ano 4		1,715b	4,47b	0,0017b
Ano 5		2,064a	5,52a	0,0025a

\*Significativo a 1% de probabilidade. HT: altura total; DAS: diâmetro ao nível do solo; G: área basal e (1) Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem pelo teste de Scott & Knott, a 5% de probabilidade.

Com base na Tabela 3, observa-se que os métodos de análise estrutural baseada na matriz de correlação (AECOR) e componentes principais com base na outra matriz de correlação (CPCOR) apresentam valores semelhantes, para os coeficientes de repetibilidade e de determinação em todas as características estudadas. Segundo Cruz et al., (1997), as estimativas obtidas pelos respectivos métodos na maioria das vezes estão bem próximas.

O método da análise de variação (ANOVA) apresentou menores valores dos coeficientes de repetibilidade ( $r$ ) e de determinação ( $R^2$ ) em comparação aos outros métodos para todas as características avaliadas (Tabela 3). Isso se deve principalmente pela relação estatística com os dados, logo, a necessidade de aplicação de mais de um método na estimativa do coeficiente.

O método de obtenção de estimadores através da análise de componentes principais é o critério mais eficiente de seleção de indivíduos superiores, pois esta considera todas as situações (ABEYWARDENA, 1972). Segundo Vasconcellos et al. (1985) conclusões baseadas na média aritmética de observações pode ser tendenciosa nas condições que apresente uma periodicidade em seu crescimento. Esses métodos apresentaram comportamento semelhante nos trabalhos de Cornacchia et al., (1995), Vasconcellos et al., (1985), Cavalcanti et al. (2000), Nascimento Filho et al., (2009), Negreiros et al., (2014), com plantas perenes, (*Pinus*, seringueira, cajueiro-anão, guaraná e laranja-doce), respectivamente, constando que o método da ANOVA refletiu em valores inferiores em relação a CPCOV, CPCOP e AECOR.

O método CPCOV (Componentes Principais Baseado na Matriz de Covariância) apresentou as maiores estimativas para o coeficiente de repetibilidade ( $r$ ) e o de determinação ( $R^2$ ) para todas as características avaliadas. Corroborando com esse resultado, Cavalcanti et al. (2000) estimando os mesmos coeficientes para altura da planta, diâmetro da copa e produção de castanha de cajueiro-anão, constatou que o método CPCOV obteve os valores mais altos em comparação aos demais métodos.

A classificação para a estimativa do coeficiente de repetibilidade, segundo Resende (2002), é dada como alta para valores  $\geq 0,6$ , média  $< 0,6$  e  $\geq 0,3$  e baixa  $< 0,3$ . Neste sentido, os resultados obtidos são considerados altos para todos os métodos utilizados, exceto para a área basal aplicando ANOVA. Os resultados

obtidos para o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) utilizado para avaliar as características de plantas de jenipapeiro, estavam acima de 88%, portanto, dentro da faixa de 88,16 a 99,08, o que indica que os valores da média fenotípica obtida podem ser mantidos com a confiabilidade e consistência dos dados (Tabela 3).

O valor do coeficiente de repetibilidade oscila entre 0 a 1. Quanto maior esse valor para o caráter analisado, menor será o número de avaliações necessárias para obter o real valor do caráter no indivíduo, indicando que o aumento no número de medições não alterará significativamente a acurácia da análise (CRUZ et al., 2004). Contudo, quando a repetibilidade apresentar um valor baixo, precisará de um grande número de repetições para alcançar um valor de determinação satisfatório (COSTA, 2003).

**Tabela 3.** Estimativas dos coeficientes de repetibilidade ( $r$ ) e dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para altura total (HT), diâmetro ao nível do solo (DAS) e área basal (G) de 384 genótipos de *Genipa americana* L. no período de cinco anos de idade. Cruz das Almas, 2014.

Método <sup>1</sup>	HT		DAS		G	
	$r$	$R^2$	$r$	$R^2$	$r$	$R^2$
ANOVA	0,78	94,84	0,84	96,33	0,59	88,16
CPCOV	0,95	99,08	0,96	99,22	0,94	98,83
CPCOR	0,92	98,29	0,94	98,93	0,87	97,26
AECOR	0,91	98,28	0,94	98,93	0,87	97,24
Média	0,89	97,62	0,92	98,35	0,81	95,37

<sup>1</sup> ANOVA, análise de variância; CPCOV e CPCOR componentes principais, com base na matriz de covariância e de correlação, respectivamente; AECOR, análise estrutural, baseada na matriz de correlação.

Neste trabalho foi definido o  $R^2$  de 95%, devido à alta confiabilidade esperada nos dados, visto que segundo Cruz et al. (2004) valores acima de 80% para o coeficiente de determinação é tido como de boa acurácia. Estudando as características diâmetro de copa e altura de planta de cajueiro-anão, Cavalvanti et al. (2000) relatam necessidade de apenas uma medição para  $R^2$  alcançar 90%, valor baixo se comparado ao trabalho de Negreiros et al. (2014), onde, para determinar as características, espessura de casca e sólidos solúveis visando lançar o mesmo  $R^2$ , são necessárias 15 avaliações.

Analisando as três características HT, DAS e G (Tabela 4), observa-se que as estimativas oriundas dos métodos aplicados apresentam boas estimativas. O coeficiente de determinação de 95% é obtido a partir de uma medição para todas as características avaliadas, com aplicação dos métodos de Componentes Principais baseados na Matriz de Covariâncias (CPCOV) para o método baseado em Correlações (CPCOR). Esta acurácia é obtida em duas medições para HT, uma para DAS e três para G. No método de Análise Estrutural baseado na Matriz de Correlações (AECOR), também serão necessárias duas medições para HT, uma para DAS e três para G. Para atingir esse valor de coeficiente, pela ANOVA, para todas as características será necessária a realização de 5, 4 e 13 medições para HT, DAS e G, respectivamente. Isso significa dizer que o método CPCOV foi o que permitiu obter, em um menor período para as avaliações das características de crescimento uma acurácia de 95% de significância, com bom controle genético sob a expressão destas características.

Aplicando a mesma metodologia para estimar o número de medições para características de laranja doce (NEGREIROS et al., 2008), clone de guaraná (NASCIMENTO FILHO et al., 2009) e bananeira diplóides (LESSA et al., 2014), o método CPCOV apresentou os melhores resultados para a maioria das características analisadas, mesmo com aumento no coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

Ainda analisando a Tabela 4, nota-se que é possível obter 99% de precisão mediante as seis medições pelo método CPCOV para todas as características. Portanto, esse método permite uma seleção mais rápida em comparação aos demais, avaliando a altura total, diâmetro ao nível solo e área basal.

Esse resultado indica que o aumento do número de avaliações não implica em melhor precisão. Assim, a redução do número de aferições permitirá rapidez nos resultados, com a garantia da precisão exigida. Segundo Cavalcante et al. (2012) essas informações são essenciais para um programa de melhoramento, permitindo avaliar um grande número de genótipos, proporcionando uma seleção dos superiores de forma mais rápida e precisa.

**Tabela 4.** Estimativas do número de medições para genótipos de jenipapeiro avaliados durante 5 anos. Cruz das Almas - BA, 2014.

Característica	R <sup>2</sup> (%)	ANOVA	CPCOV	CPCOR	AECOR
HT	80	1,08(1)	0,18(1)	0,34(1)	0,34(1)
	85	1,54(2)	0,26(1)	0,49(1)	0,49(1)
	90	2,44(2)	0,41(1)	0,77(1)	0,78(1)
	95	5,12(5)	0,88(1)	1,64(2)	1,65(2)
	99	26,89(27)	4,59(5)	8,56(9)	8,62(9)
DAS	80	0,76(1)	0,15(1)	0,21(1)	0,21(1)
	85	1,07(1)	0,22(1)	0,30(1)	0,30(1)
	90	1,71(2)	0,34(1)	0,48(1)	0,48(1)
	95	3,61(4)	0,73(1)	1,02(1)	1,02(1)
	99	18,85(19)	3,84(4)	5,31(5)	5,33(5)
G	80	2,68(3)	0,23(1)	0,56(1)	0,56(1)
	85	3,80(4)	0,33 (1)	0,79(1)	0,80(1)
	90	6,03(6)	0,53(1)	1,26(1)	1,27(1)
	95	12,74(13)	1,12(1)	2,67(3)	2,69(3)
	99	66,42(66)	5,85 (6)	13,91(14)	4,04(14)

ANOVA = Análise de variância, CPCOV = Componentes Principais baseados na Matriz de Covariâncias; CPCOR = Componentes Principais baseados na Matriz de Correlações, AECOR = Análise Estrutural baseado na Matriz de Correlações, HT = altura total, DAS = diâmetro ao nível do solo, G = área basal e ( ) Número aproximado.

## CONCLUSÕES

É necessária uma medição para a predição do valor real das características dendrométricas relacionados ao crescimento (altura, diâmetro ao nível do solo e área basal), em jenipapeiro.

As estimativas dos coeficientes de repetibilidade para as características dendrométricas em plantas de jenipapeiro foram altas, permitindo a seleção de genótipos superiores em curto espaço de tempo.

O método da análise de componentes principais, com o uso da matriz de covariâncias (CPCOV) foi o mais eficiente e rápido para a estimativa do coeficiente de repetibilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEYWARDENA, V. An application of principal component analysis in genetics. **Journal of Genetics**, v.61, p.27-51, 1972.

BRUNA, E.D.; MORETO,A.L.; DALBÓ, M.A. Uso do coeficiente de repetibilidade na seleção de clones de pessegueiro para o litoral sul de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.34, p.206-215, 2012.

CAVALCANTE, M., LIRA, M.A., SANTOS, M.V.F., Pita, E.B.A.F., Ferreira, R.L.C., Tabosa, J.N. . Coeficiente de repetibilidade e parâmetros genéticos em capim-elefante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.47, 569–575, 2012.

CORNACCHIA, G.; CRUZ, C. D.; LOBO, P. R.; PIRES, I. E. Estimativas do coeficiente de repetibilidade para características fenotípicas de procedências de *Pinus tecunumanii* (Schw.) Eguluz , Perry e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret, Golfari. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 333-345, 1995.

COSTA, J. G. Estimativas de repetibilidade de alguns caracteres de produção em mangueira. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.33, p.263-266, 2003.

CRUZ, C. D. **Programa GENES: biometria**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 382 p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento Genético. Viçosa: Ed. da UFV, 2004. v.1, 480p.

DANNER, M.A. et al. Repetibilidade de caracteres de fruto em araçazeiro e pitangueira. **Ciência Rural**, Santa Maria-SP, v.40, n.10, p.2086- 2091, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA, 2006. 306 p.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: Imp. Universitária, 1981. 279p.

LIMA FILHO, A. F.; COELHO FILHO, M. A.; HEINEMANN, A. B. Determinação de épocas de semeadura do feijão caupi no Recôncavo Baiano através do modelo CROPGRO. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande-PB, v.17, n.12, p.1294–1300, 2013.

LESSA, L.S.; LEDO, C.A. da S.; AMORIM, E. P e SILVA, S. de O. Estimativas de repetibilidade de híbridos diploides (AA) de bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, p.109-117, 2014.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda. v. 1, 2002.

MANSOUR, H.; NORDHEIM, E.V.; RULEDGE, J.J. Estimators of repeatability. **Theoretical and Applied Genetics**, v.60, p.151-156, 1981.

MANFIO, C.E.; MOTOIKE, S.Y.; SANTOS, C.E.M. dos; PIMENTEL, L.D.; QUEIROZ, V. de; SATO, A.Y. Repetibilidade em características biométricas do fruto de macaúba. **Ciência Rural**, v.41, p.70-76, 2011.

NASCIMENTO FILHO, F.J. do; ATROCH, A.L.; CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. Repetibilidade da produção de sementes em clones de guaraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, p.605-612, 2009.

NEGREIROS, J. R. da S.; ANDRADE NETO, R. de C.; MIQUELONI, D. P.; LESSA, L.S. Estimativa de repetibilidade para caracteres de qualidade de frutos de laranja-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.49, p.40-48, 2014.

NEGREIROS, J. R. da S.; SARAIVA, L. L.; OLIVEIRA, T. K. de; ÁLVARES, V. de S.; RONCATTO, G. Estimativas de repetibilidade de caracteres de produção em laranjeiras-doces no Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.1763-1768, 2008.

OLIVEIRA, M. D. S. P., e MOURA, E. F. Repetibilidade e número mínimo de medições para caracteres de cacho de bacabi (*Oenocarpus mapora*). **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 32, n. 4, p. 1173-1179, 2010.

RESENDE, M. D. V. DE. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975P.

SOARES, E.B.; GOMES, R.L.F.; CAMPELO, J.E.G.; LOPES, A.C. de A.; MATOS FILHO, C.H.A. Repetibilidade e correlações entre caracteres morfo-agronômicos de cajazeira. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1851-1857, 2008.

SOUSA, C. S. **Caracterização silvicultural, identificação de genes Rht e alumínio tóxico em jenipapeiros de quatro procedências do Recôncavo Baiano**. 2009. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias, concentração em Fitotecnia) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2009.

VASCONCELLOS, M.E. da C.; GONÇALVES, P. de S.; PAIVA, J.R. de; VALOIS, A.C.C. Métodos de estimação do coeficiente de repetibilidade no melhoramento da seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, p.433-437, 1985.

VIEIRA, E. A., CARVALHO, F.I. F., OLIVEIRA A.C., BENING., HARTWING, I., SILVA, J.A.G., VALÉRIO, I.P., MARTINS, A. F., BERTAN, I., FINATTO, T. Repetibilidade de caracteres fenotípicos e das distâncias genéticas em aveia-branca na presença e ausência de fungicida. **Revista Científica**, Jaboticabal-SP, v. 36, n. 1, p. 17-26, 2009.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos com aplicação da geoestatística nas características dendrométricas altura total e diâmetro ao nível do solo revelam o potencial da sua aplicação para o manejo da espécie, proporcionando intervenções precisas na área do plantio.

O estudo da espacialização de características dendrométricas apresentaram resultados satisfatórios, evidenciando o potencial uso da metodologia em outras espécies nas mesmas condições edafológicas local.

Nesse mesmo ambiente ou em outras com condições semelhantes, o resultado do coeficiente de repetibilidade apresentou um resultado que possibilita subsidiar o planejamento nos programas de conservação e melhoramento da espécie, principalmente os voltados para produção madeireira.

Pelos resultados do coeficiente de repetibilidade, as características dendrométricas sofrem pouca influência da periodicidade das condições estudadas.