



Unimontes

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS

**VARIABILIDADE ESPACIAL DOS
ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM NEOSSOLO
QUARTZARÊNICO ANTROPIZADO NA
BACIA DO RIO PANDEIROS**

RENATO FERNANDES SILVA

2018

RENATO FERNANDES SILVA

**VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DE
UM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ANTROPIZADO NA BACIA
DO RIO PANDEIROS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Orientador
Prof. Dr. Marcos Koiti Kondo

JANAÚBA
MINAS GERAIS - BRASIL
2018

Silva, Renato Fernandes

S586v Variabilidade espacial dos atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico antropizado na bacia do rio Pandeiros. [manuscrito] / Renato Fernandes Silva. – 2018. 50 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2018.

Orientador: Prof. D. Sc. Marcos Koiti Kondo.

1. Erosão 2. Degradação ambiental. 3. Solos Degradação. 4. Proteção ambiental. I. Kondo, Marcos Koiti. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 631.45

Catálogo: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445

RENATO FERNANDES SILVA

**VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DE
UM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ANTROPIZADO NA BACIA
DO RIO PANDEIROS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 31 de janeiro de 2018.

Prof. Dr. Marcos Koiti Kondo
UNIMONTES (Orientador)

Prof. Dr. Silvânio Rodrigues dos Santos
UNIMONTES (Coorientador)

Prof. Dr. Victor Martins Maia
UNIMONTES (Conselheiro)

Prof. Dr. Arley Figueiredo Portugal
EMBRAPA (Conselheiro)

**JANAÚBA
MINAS GERAIS - BRASIL
2018**

DEDICATÓRIA

*Primeiramente a Deus por ter me proporcionado saúde e energia para
realização desse trabalho.*

*Aos meus pais, José Martins e Neuza Fernandes, por tudo que fizeram por mim
nesses anos de estudo.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES – Campus de Janaúba), pela excelência enquanto instituição e contribuição na minha formação profissional;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Comissão Pandeiros (Ministério Público do Estado de Minas Gerais, FAPEMIG, Instituto Estadual de Florestas e Cemig), pelo financiamento desse trabalho por meio do projeto “Quantificação, monitoramento e controle da erosão na bacia do rio Pandeiros” (Processo N.: CAG-APQ-03775-14). O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001;

Ao meu orientador, Professor Dr. Marcos Koiti Kondo, pela convivência, paciência, sugestões e ensinamentos nos trabalhos desenvolvidos;

Ao meu coorientador, Professor Dr. Silvânio Rodrigues dos Santos; ao Professor Dr. Victor Martins Maia; e ao Engenheiro Agrônomo Dr. Arley Figueiredo Portugal, pela disponibilidade em aceitarem fazer parte da banca examinadora;

Ao Professor Me. Willer Fagundes de Oliveira, pelos ensinamentos para execução do experimento;

Aos funcionários da UNIMONTES, Professores do Programa de Produção Vegetal no Semiárido, pela colaboração e ensinamentos compartilhados na pós-graduação;

Aos meus Pais, José Martins e Neuza Fernandes, meus irmãos Renata, Raquel e Rafael. Minha família é a geradora da energia que me faz seguir em frente!

À Luana Maria pelo amor, compreensão, cumplicidade, apoio e conforto nos momentos difíceis. Você faz tudo parecer mais fácil!

Aos colegas da UNIMONTES, Pablo, Verônica, Heberth e Paulo: obrigado pelo auxílio nos trabalhos de campo e laboratório, pela convivência e bons momentos compartilhados durante a condução dos experimentos;

Aos Funcionários da JASTEC, que ajudaram na condução do experimento;

Ao Senhor Zé Carneiro e Família, Senhor Nilson e Família, pela atenção e acolhimento no distrito de Várzea Bonita;

A todas as pessoas que me ajudaram nesta caminhada, que no momento de esquecimento seus nomes não foram citados, que DEUS estenda suas mãos da mesma maneira.

A Glória é de Deus! Amém!

Muito obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	I
LISTAS DE FIGURAS.....	II
ABSTRACT.....	VI
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 OS PROCESSOS EROSIVOS	3
2.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	5
2.2.1 CLIMA E VEGETAÇÃO	5
2.2.2 VEGETAÇÃO NATIVA: O PEQUIZEIRO	6
2.2.3 CLASSES DE SOLOS E USO NA APA PANDEIROS	8
2.2.4 HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO HUMANA NA REGIÃO DA APA RIO PANDEIROS ...	9
2.3 GEOESTATÍSTICA	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 AMOSTRAGEM.....	14
3.2 DETERMINAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO.....	15
3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DOS ATRIBUTOS	17
4.2 ANÁLISES DAS CORRELAÇÕES DE PEARSON E DOS SEMIVARIOGRAMAS	23
4.3 VARIOGRAFIA	24
4.4 MAPAS DE VARIABILIDADE DOS ATRIBUTOS	29
5. CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Estatística descritiva dos atributos estudados.....	18
TABELA 2: Matriz de correlação linear simples entre os atributos do solo (Ds; VTP; Macro; Micro; Dp; AMG; AG; AM; AF; AMF; argila; silte e areia total) e a altitude.....	24

LISTAS DE FIGURAS

FIGURA 1: Limite da Microbacia e da Área do Experimento.....	14
FIGURA 2: Histogramas dos atributos que apresentaram normalidade: densidade do solo (Ds); volume total de poros (VTP); macroporos (Macro); microporos (Micro); areia muito grossa (AMG); areia fina (AF) e areia muito fina (AMF).....	20
FIGURA 3: Histogramas dos atributos que não apresentaram normalidade: densidade de partículas (Ds); areia grossa (AG); areia média (AM); argila; silte; areia total; altura de copa e altura de planta.....	22
FIGURA 4: Semivariogramas dos atributos densidade do solo (Ds) e areia média (AM)..	25
FIGURA 5: Semivariograma dos atributos macroporos (Macro); microporos (Micro); areia muito grossa (AMG); areia grossa (AG); diâmetro do tronco a altura do peito (DAP), altura de de copa (Hc) e altura de plantas (Hd).....	27
FIGURA 6: Semivariograma dos atributos: densidade de partículas (Dp); areia fina (AF); areia muito fina (AMF); argila e areia total.	28
FIGURA 7: Mapa do conteúdo de argila, silte, areia muito fina (AMF) e areia fina (AF), obtidos por krigagem ordinária.	29
FIGURA 8: Mapa da altitude, obtido por krigagem ordinária.....	31
FIGURA 9: Mapa do conteúdo de macroporos, densidade do solo (Ds) e volume total de poros (VTP) obtidos por krigagem ordinária.	33
FIGURA 10: Mapa do conteúdo de microporos e densidade de partículas (Dp) obtido por krigagem ordinária.	33
FIGURA 11: Mapa de areia muito grossa (AMG), obtido por krigagem ordinária.	34
FIGURA 12: Mapas de areia grossa (AG) e areia média (AM), obtidos por krigagem ordinária.	35
FIGURA 13: Mapa de areia fina (AF), obtido por krigagem ordinária.	36

FIGURA 14: Altura do pequizeiro (H_d), diâmetro do tronco a altura do peito (DAP) e altura da copa do pequizeiro (H_c), obtidos por krigagem ordinária.....39

RESUMO

SILVA, Renato Fernandes. **Variabilidade espacial dos atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico antropizado na bacia do rio Pandeiros**. 2018. 46p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba - MG¹

A ocupação antrópica recente da região noroeste de Minas Gerais alterou a cobertura e uso dos solos arenosos, derivados principalmente da formação Urucuia. A produção de carvão vegetal e a criação extensiva de gado intensificaram a erosão laminar e em sulcos, culminando em grandes voçorocas, que provocaram o assoreamento das veredas, comprometendo a vazão de importantes rios da região, como o Pandeiros. Assim, objetivou-se caracterizar a variabilidade espacial e mapear os atributos físicos do solo, identificando sua relação com plantas nativas de pequi, dentro de uma microbacia em processo de degradação na região do alto rio Pandeiros, afluente da margem esquerda do rio São Francisco. A área de estudo tem 83,89 ha, onde foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo em 47 pontos georreferenciados, distribuídos em uma malha amostral irregular. Também foram coletados dados morfométricos de 15 plantas de pequi localizadas na mesma malha amostral, para análise da covariância com os atributos do solo. Nas amostras de solo foram determinadas a densidade de partículas, densidade do solo, macroporosidade, microporosidade, volume total de poros, granulometria e fracionamento de areias. Todas as variáveis foram submetidas à estatística descritiva e análise da variabilidade espacial por meio da geoestatística com variografia e krigagem. O coeficiente de variação foi alto para microporos e para altura dos pequis e muito alto para macroporos, areia muito grossa, altura da copa dos pequis e diâmetro do tronco à altura do peito. Todas as variáveis apresentaram estrutura de dependência espacial, sendo classificada como fraca para areia grossa, forte para volume total de poros, macroporos, microporos, densidade de partículas, areia muito grossa e areia média, e moderada para os demais atributos. O alcance dos semivariogramas foi de 26 m para altura da copa dos pequis a 2050 m para macroporos, definindo a distância mínima para amostragens independentes no campo. A ausência do efeito pepita puro nos semivariogramas indica que as

¹**Comitê de Orientação:** Prof. Marcos Koiti Kondo - DCA/UNIMONTES (Orientador); Prof. Silvano Rodrigues dos Santos - DCA/UNIMONTES (Coorientador); Prof. Victor Martins Maia - DCA/UNIMONTES (Conselheiro); Prof. Arley Figueiredo Portugal - EMBRAPA (Conselheiro).

distâncias mínimas entre os pontos de amostragem estavam dentro da região de dependência amostral. Os mapas dos atributos físicos indicam que o voçorocamento na região do alto rio Pandeiros é resultado da ocupação desordenada que promoveu a supressão da vegetação nativa e promoveu a degradação do Neossolo Quartzarênico. A declividade do terreno aliado à baixa infiltração, o pisoteio do gado e manejo ineficiente do solo, provocaram o selamento superficial e aumento do deflúvio, assoreando as veredas nas regiões mais baixas. O estudo da variabilidade espacial dos atributos físicos foi capaz de determinar dependência espacial de todos os atributos analisados. O porte dos pequizeiros e a distribuição das frações granulométricas na área de estudo são diretamente influenciados pelo relevo da encosta. Houve uma relação muito clara entre o tamanho de poros e os demais atributos físicos do solo, observando essa correlação principalmente na parte de maior altitude da encosta com predomínio dos microporos. A dinâmica do processo de degradação da área de encosta pode ser mais bem compreendida através da análise espacial dos atributos físicos do solo.

Palavras-chave: erosão hídrica, vertente, geoestatística, krigagem.

ABSTRACT

SILVA, Renato Fernandes. **Physical attributes of an anthracized quartzian neosol in the Pandeiros sub-basin.** 2018. 46 p. Dissertation (Master's degree in Plant Production in the Semiarid) - State University of Montes Claros, Janaúba – MG.

Recent anthropic occupation of the northwest region of Minas Gerais changed the coverage and use of the sandy soils, mainly derived from the Urucuia formation. The charcoal production and the extensive cattle raising intensified the laminar erosion and furrows, culminating in large gullies, which provoked the silting of the trails, compromising the flow of important rivers of the region, such as Pandeiros. The objective of this work was to characterize the spatial variability and to map the physical attributes of the soil, identifying its relation with native plants of pequizeiro, within a microbasin in process of degradation in the region of the high Pandeiros river, affluent of the left margin of the São Francisco river. The study area has 83.89 ha, where deformed and undisturbed soil samples were collected in 47 geo - referenced points, distributed in an irregular sampling mesh. Morphometric data were also collected from 15 pequi tree plants located in the same sample mesh for covariance analysis with soil attributes. The soil samples were determined the particle density, soil density, macroporosity, microporosity, total pore volume, grain size and sand fractionation. All variables were submitted to descriptive statistics and spatial variability analysis using geostatistics with variography and kriging. The coefficient of variation was high for micropores and for height of pequi trees and very high for macropores, very coarse sand, height of the canopy of the pequi trees and diameter of the trunk at the height of the chest. All variables presented a spatial dependence structure, being classified as weak for coarse sand, strong for total pore volume, macropores, micropores, particle density, very coarse sand and medium sand, and moderate for other attributes. The range of the semivariograms was of 26 m for height of the crown of the pequis to 2050 m for macroporos, defining the minimum distance for independent samplings in the field. The absence of the pure nugget effect in the semivariograms indicates that the minimum distances between the sampling points were within the sample dependency region. The maps of the physical attributes indicate that the voicoramento in the region of the high Pandeiros river is a result of the disordered occupation that promoted the suppression of the native vegetation and increased the soil compaction, degrading the Quartzarenic Neosol. The declivity of the terrain coupled with low infiltration, cattle trampling and inefficient management of the soil, caused surface sealing and increased runoff, silting the trails in the lower regions. The study of spatial variability of physical

attributes was able to determine spatial dependence of all attributes analyzed. The size of the pequi trees and the distribution of the granulometric fractions in the study area are directly influenced by slope relief. There was a very clear relation between the pore size and other physical attributes of the soil, observing this correlation mainly in the part of higher altitude of the slope with predominance of the micropores. The dynamics of the slope area degradation process can be better understood through the spatial analysis of soil physical attributes. The voicoramento in the region of study is the result of the anthropization that promoted the withdrawal of the native vegetation leaving the fragile soil exposed.

Keywords: Erosive Factors, Strand, Hillside.

1. INTRODUÇÃO

A Área de Proteção Ambiental Estadual do rio Pandeiros tem como principal função proteger a Bacia Hidrográfica do rio Pandeiros. Rio este que vem sofrendo com um intenso processo de assoreamento (NUNES *et al.*, 2009). As bacias hidrográficas começaram a ser cada vez mais ocupadas com o passar do tempo. Fato que ocorre de forma inadequada, pois produtores rurais sem conhecimento com a intenção de sustentar sua família, acabam por gerar desmatamentos de cabeceiras e dos divisores de águas, pois locam lavouras e pastagens em locais inadequados, e na maioria das vezes em áreas declivosas e de preservação permanente (SCARIOT, 2010). A utilização imprópria de áreas frágeis, o desflorestamento desordenado, o preparo inadequado do solo, a destruição da matéria orgânica, as queimadas, o plantio no sentido do declive do terreno e o superpastoreio são graves problemas que atingem boa parte das bacias e microbacias hidrográficas ao redor do planeta (ARATANI *et al.*, 2009).

A erosão do solo é um dos principais problemas ambientais causados pela atividade agrícola, notadamente em regiões tropicais, contribuindo para a degradação dos solos com a perda de sua camada fértil, transportando partículas através das encostas até os corpos hídricos e assoreando as bacias hidrográficas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990; FONSECA *et al.*, 2011). A retirada da vegetação nativa de uma determinada área provoca o rompimento, efêmero ou definitivo, no equilíbrio natural existente entre o solo e o meio ambiente. Dentre a grande diversidade da vegetação de cerrado, destaca-se o pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb), espécie típica do bioma e grande importância socioeconômica, a qual tem sido reduzida gradativamente devido às ações antrópicas no Cerrado (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

A coleta de dados para o mapeamento dos atributos físicos pode explicar as relações pedológicas dos ambientes em degradação. Por meio da coleta de

coordenadas (UTM) e das análises físicas de pontos amostrados pode-se identificar a variabilidade e a predisposição da erodibilidade do solo, gerando assim informações para subsídio de propostas para ações de mitigação e adaptação aos efeitos da degradação do solo e da água (ARATANI *et al.*, 2009).

O monitoramento dos atributos gera um banco de informações sobre a qualidade do solo e sua capacidade produtiva. Neste cenário, é de suma importância conhecer as modificações nas propriedades físicas do solo na área vulnerável dentro do perímetro da microbacia (STEFANOSKI, 2013). Desse modo, no contexto da região, esse estudo é de grande relevância para gerar subsídios para um planejamento conservacionista, permitindo a sustentabilidade agropecuária. Portanto, o objetivo desse trabalho foi caracterizar a variabilidade espacial e mapear os atributos físicos do solo, identificando sua relação com plantas nativas de pequiheiro, dentro de uma microbacia em processo de degradação na região do alto rio Pandeiros, afluente da margem esquerda do rio São Francisco.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A Área de Proteção Ambiental (APA) Estadual do rio Pandeiros tem como principal função proteger a bacia hidrográfica do rio Pandeiros, submetida a um intenso processo de assoreamento, resultado principalmente de ações antrópicas associadas a incentivos estatais, como projetos financiados para o plantio de eucalipto e investimentos privados destinados à drenagem das veredas nos anos de 1960 (NUNES *et al.*, 2009).

A APA é uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável e, dessa forma, muitas comunidades tradicionais e rurais vivem nesta área trabalhando na extração de recursos para sua subsistência sem necessariamente transformar negativamente a paisagem. Entretanto, ao se buscar apenas a conservação da biodiversidade e dos processos ecológicos, estas comunidades tradicionais que historicamente ocupam a região, podem ser comprometidas tornando-se adversários da área protegida e afetando o propósito da Unidade de Conservação (FERNANDES *et al.*, 2016). Para Nunes (2009), o assoreamento do rio Pandeiros está diretamente ligado às práticas antrópicas, como a extração de lenha para o carvoejamento, criação de gado e conversão das veredas em lavouras de subsistência, além do plantio de eucalipto e projetos inadequados de irrigação.

2.1 Os processos erosivos

A erosão é o resultado de três processos: fragmentação, transporte e deposição de sedimentos, que ocorre naturalmente na superfície da crosta terrestre, mas é acelerada pela ação antrópica mal planejada, que remove a cobertura do solo e submete o solo à ação erosiva da chuva, sendo a principal origem da degradação das terras (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990). Os processos erosivos levam a uma descaracterização do meio físico, os quais são

dependentes de fatores como: condições topográficas, características do solo, tipo de vegetação e uso e manejo do solo (LORANZI *et al.*, 2000). Após a retirada da cobertura vegetal os solos expostos, ficam suscetíveis ao impacto das gotículas da água da chuva o que provoca o rompimento dos agregados, resultando num selamento das camadas superficiais do solo e na consequente diminuição das taxas de infiltração e aumento do escoamento superficial (GUERRA, 2001). A erosão por salpicamento é ocasionada pelo rompimento dos agregados do solo pela energia cinética da chuva. Este fenômeno também é denominado efeito “splash” (SANTOS, 2015).

Logo depois da desestruturação das partículas do solo causado pela energia contida nas gotas de chuva ocorre a erosão laminar que é o escoamento difuso das águas pluviais resultando na remoção progressiva dos horizontes superficiais, o que diminui paralelamente a produtividade do solo. Esse tipo de erosão arrasta primeiro as partículas mais leves do solo, expondo raízes e fragmentos de rochas quando presentes no local (RESENDE *et al.*, 2007). A erosão laminar evolui para o ravinamento que é a remoção de solo pela água por canais visíveis muito pequenos e bem definidos, onde ocorre concentração do deflúvio sobre o solo (PRUSKI, 2009).

Nas ravinas, geralmente, as velocidades do escoamento superficial são mais altas, dependendo do grau de declividade e são suficientemente grandes e estáveis para serem visualizadas, mas pequenas o bastante para serem removidas facilmente pelos tratos culturais ou operações de nivelamento ou terraplanagem (ARAÚJO *et al.*, 2014). A evolução de ravinas ocorre quando a precipitação excede a capacidade de infiltração do solo, iniciando o escoamento superficial (PRUSKI, 2009). As ravinas se aprofundam e dão origem às voçorocas que são canais de água intermitentes, maiores do que as ravinas. Esses canais carregam água durante e, imediatamente, após as chuvas e, ao contrário das ravinas, as voçorocas não podem ser removidas pelo preparo normal do solo.

As voçorocas tendem a se formar onde grandes volumes de escoamento superficial são concentrados e descarregados em encostas com solos frágeis. Este processo é provavelmente, uma das principais formas de erosão em bacias hidrográficas (ARAUJO *et al.*, 2014). Segundo Bacellar (2006), o desenvolvimento desses fenômenos ocorre nos segmentos das encostas das voçorocas, onde atuam diferentes processos de erosão, ocorrendo pequenos deslizamentos rotacionais, o que pode gerar um fluxo de movimento de massa, mesmo após o período chuvoso. A eliminação de terras férteis, a destruição de estradas, assoreamento de rios e reservatórios, o recobrimento de solos férteis nas planícies de inundação, a destruição de habitats, o rebaixamento do lençol freático, com secagem de veredas e nascentes são impactos ambientais ocasionados pelo voçorocamento (BACELLAR, 2006).

2.2 Caracterização da área experimental

2.2.1 Clima e vegetação

O clima da área de estudo foi classificado, a partir da classificação de Köppen (KÖPPEN, 1918), como Aw (tropical de savana, apresentando duas estações bem definidas com chuvas altamente sazonais, caracterizado por uma estação chuvosa no verão e outra seca no inverno). De acordo com a nova delimitação do semiárido brasileiro, efetivada em 2005 pelo Ministério da Integração Nacional e atualizada em 2017, a região da APA Pandeiros é considerada região de semiárido o que representa um território vulnerável e sujeito a períodos críticos de prolongadas estiagens (BRASIL, 2017). As temperaturas médias na área da APA Pandeiros variam de 15,5 °C a 26,4 °C, sendo que o período mais quente compreende os meses de outubro a fevereiro e as temperaturas mínimas ocorrem entre junho e julho. A umidade relativa do ar varia entre 56,8% a 82,6% com uma precipitação média anual de 966 mm

podendo chegar até a 1.200 mm, o período chuvoso vai de outubro a março sendo responsável por 92% da precipitação anual da região (IGAM, 2014).

A vegetação que domina a paisagem na APA Pandeiros é o Cerrado apresentando seus diferentes tipos fitofisionômicos, além de apresentar algumas áreas de transição de caatinga para o cerrado (IEF, 2015). Apresenta o tipo fitofisionômico de Vereda que tem grande importância para a região. As veredas são áreas de exsudação do lençol freático (nascentes), em vales rasos, com vertentes côncavas suaves, caracterizadas por substrato hidromorfizado, com Gleissolos, Planossolos e Organossolos, preenchidos por solos argilosos, com elevada concentração de matéria orgânica (DRUMMOND *et al.*, 2005; BOAVENTURA, 2007). As veredas estão associadas aos cursos d'água onde o lençol freático atinge a superfície e durante a longa estação seca. A vereda é fonte de água na região e apresenta grande importância porque desempenha um papel no balanço hidrológico de corpos d'água (FERNANDES *et al.*, 2016).

2.2.2 Vegetação nativa: o pequi

Dentre as principais espécies nativas do cerrado, o pequi destaca-se como uma das de maior importância no Cerrado brasileiro. Isso se deve em especial ao seu alto potencial de exploração não madeireira (BRUZINGA *et al.*, 2014), sendo intensamente explorado pelas comunidades extrativistas locais. Isso contribui para a manutenção da sustentabilidade e manutenção das áreas de Cerrado.

O pequi apresenta um fruto do tipo drupa carnoso e de grande consumo na região central do Brasil (LORENZI, 2000). A espécie apresenta ocorrência em no Cerrado central do Brasil, em fitofisionomias de cerradão, cerrado sentido restrito, cerrado ralo e no cerrado rupestre (RIBEIRO & WALTER, 2008). As plantas podem apresentar até 8 m de altura, podendo

apresentar menor porte principalmente em áreas de menor fertilidade ou devido a fatores genéticos (FERREIRA *et al.*, 2015).

Apesar do fruto ser o principal produto explorado, o interesse pelo pequizeiro deve-se também a grande diversidade de usos de todas as partes da sua planta, principalmente para fins medicinais, culinários e produção de biodiesel (VILELA *et al.*, 1996). A exploração e valorização desses recursos tem sido estimulada e valorizada nos novos moldes da exploração florestal, principalmente em regiões onde a exploração madeireira não é o principal produto, como é o caso do cerrado (BRUZINGA *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2003), incentivando a exploração sustentável.

Apesar do potencial para a exploração sustentável, o pequizeiro por muitos anos foi utilizado para a exploração de madeira e carvão, o que reduziu amplamente a sua distribuição nas áreas de cerrado. Diante disso, diversas medidas têm sido tomadas nos últimos anos visando o conhecimento das áreas de ocorrência do pequizeiro e os principais fatores associados à sua manutenção em áreas de cerrado. Essas informações permitem que sejam traçadas estratégias de manejo para a recuperação de áreas degradadas e reflorestamento de áreas com florestas nativas (ANJOS *et al.*, 2004; ARAÚJO *et al.*, 2014).

Esse mapeamento frequentemente é realizado por meio do de amostragem, uma vez que o censo dos indivíduos é inviável (BRUZINGA *et al.*, 2014). O pequizeiro, assim como diversas outras espécies nativas do cerrado, apresenta padrão de distribuição agregado, ocorrendo em forma de manchas na comunidade florestal (WONG, 2000). O conhecimento deste perfil de povoamento é de grande importância, pois permite que aumente a possibilidade de recuperação e também permitir o repovoamento da fauna natural (FERREIRA *et al.*, 2018).

2.2.3 Classes de solos e uso na APA Pandeiros

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013) define as classes de solos encontrados na APA Pandeiros como: Neossolo Quartzarênico, Cambissolo, Gleissolo Háptico, Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo, Neossolo Flúvico e Neossolo Litólico. Sendo o Neossolo Quartzarênico o mais expressivo. De modo geral, os solos da região da APA Pandeiros são essencialmente arenosos, não estruturados, profundos, com elevada drenagem, pobres em nutrientes. Dessa forma não é recomendada a retirada da cobertura vegetal para fins agrícolas o que pode resultar em processos erosivos (NUNES *et al.*, 2009).

A criação de gado dentro da APA pandeiros é prática comum já que as Unidades de Conservação de Uso Sustentável contemplam essa atividade, desde que cumpra certos requisitos de manejo (OLIVEIRA, 2017). Porém, existem camadas superficiais de solo compactadas pelo pisoteio dos animais em áreas de pastagens mal manejadas (SOUZA *et al.*, 2006). O resultado da ineficiência de tal manejo é a menor infiltração da água da chuva ocasionando em maior escoamento superficial e pouca presença de material vegetal na superfície do solo (MIGUEL *et al.*, 2009). Dessa forma, foi observado por Fonseca *et al.* (2011), que as maiores degradações ambientais que ocorrem na APA Pandeiros são verificadas em regiões em que ocorre o pastoreio, como áreas erodidas e em processo avançado de formação de voçorocas devido à retirada da vegetação herbácea com o pisoteio do gado.

2.2.4 Histórico da ocupação humana na região da APA rio Pandeiros

A ocupação humana na região do rio Pandeiros foi marcada pela vinda de vaqueiros, fazendeiros, coronéis e outros que formaram o povo do sertão. Essa ocupação aconteceu por volta do século XVIII com a chegada dos colonizadores europeus, que vieram atraídos por recursos minerais, para o centro do país. Tais recursos minerais foram descobertos mais tarde no cerrado. Assim, o processo de ocupação na região do rio Pandeiros acompanhou o histórico de ocupação da região central do Brasil (BETHONICO, 2009). Segundo Campos (2006) é importante salientar que sempre existiu na região do rio Pandeiros os índios da etnia xacriabá, que sobreviveram a todas as adversidades culturais e paisagísticas, e que ainda existem descendentes distribuídos por todas as regiões em torno de 4.992 habitantes. Essa intensa migração para a região central do país aconteceu até meados do século XIX, com a formação das grandes propriedades rurais destinadas à pecuária de corte. A formação dos currais nesse período marca o início das ações humanas sobre a região que se intensificaram nas décadas de 1960/70 e 1980, com a implantação de grandes projetos de reflorestamento com eucalipto, visando a produção de carvão vegetal para sustentar os fornos das siderúrgicas da região central do estado de Minas Gerais (FERNANDES *et al.*, 2016).

A construção da Pequena Central Hidrelétrica Pandeiros (PCH Pandeiros) em 1957, só foi possível com a fixação da comunidade rural de povos tradicionais. Ocupação foi ainda mais intensificada nas décadas de 1960 e 1970 com a implantação de grandes projetos de reflorestamento de eucalipto, visando à produção de carvão vegetal e o PROVÁRZEA (programa público de fomento ao cultivo em áreas de várzea), mas atualmente existe a proibição (BETHONICO, 2009). Com menos de 10 habitantes km⁻², a região do rio Pandeiros apresenta baixa densidade demográfica, segundo dados do Instituto

Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010a). Somando as populações dos três municípios onde se localiza a APA Pandeiros chega-se a um total de 86.828 habitantes, sendo Januária o município mais populoso, com 68.420 habitantes (IBGE, 2010b). Os cultivos agrícolas em geral são de subsistência sendo os mais comuns o cultivo do feijão, arroz, mandioca, milho e cana. Existem, também, algumas propriedades que praticam a pecuária extensiva (IBGE, 2010c).

2.3 Geoestatística

A geoestatística permite o estudo de um fenômeno natural, caracterizado pela distribuição no espaço de uma ou mais variáveis, denominadas variáveis regionalizadas. Os métodos clássicos de análise estatística de dados geralmente supõem que, as realizações das variáveis aleatórias são independentes entre si, ou seja, que observações vizinhas não exercem influência uma sobre as outras. Assim, a estatística clássica ignora as consequências da heterogeneidade espacial sobre a representatividade dos valores médios. No entanto, fenômenos naturais apresentam certa estruturação nas variações entre vizinhos. Desta forma, pode-se dizer que as variações não são aleatórias e, portanto, apresentam algum grau de dependência espacial (MONTANARI *et al.*, 2012).

O semivariograma é a representação gráfica da dependência espacial obtido pela variância versus a distância. Segundo Vieira *et al.* (2007) é estruturada no conceito de variáveis regionalizadas. Uma variável regionalizada é uma variável distribuída no espaço cujos valores são considerados como realizações de uma função aleatória (processo aleatório, campo aleatório ou processo estocástico), sendo a grandeza mais aproximada para decidir se a dependência espacial existe ou não, no sentido de que os valores das medições feitas podem variar consideravelmente entre si dentro de uma dada distância. Se a dependência espacial existir, haverá um crescimento na semivariância até uma determinada distância, a partir da qual o variograma se estabiliza. Entretanto,

espera-se que pares de pontos separados por distâncias menores do que uma determinada amplitude variográfica sejam espacialmente correlacionados, tendo valores mais próximos. Assim, caso o semivariograma não apresente crescimento com a distância, as amostras são independentes e ocorre o efeito de aleatoriedade, comumente chamado de efeito pepita puro. Por outro lado, pares mais distantes do que esta amplitude não apresentam dependência espacial (LIMA, 2007).

Roque *et al.* (2008) relatam que a coleta espacial dos valores de um determinado atributo pode revelar grandes variações porque, sendo o solo um produto da ação de diversos fatores de formação, varia muito nas suas três dimensões, sobretudo na superfície. O levantamento dos atributos físicos observados ao longo da área e o posterior mapeamento do solo permitem visualizar a variação desses atributos dentro de uma área, obtendo-se dados para o melhor controle dos fatores erosivos e um menor impacto da atividade agrícola no ambiente (ANGÉLICO & SILVA, 2006).

Segundo Soares (2002), a geoestatística abrange um conjunto de métodos, técnicas e instrumentos estatísticos que caracterizam os fenômenos espaciais naturais e objetivam caracterizar a dispersão espacial e espaço-temporal das grandezas que definem a quantidade e a qualidade de recursos naturais e outros fenômenos em que os atributos manifestem certa estrutura no espaço e ou no tempo. O complexo fenômeno ligado à origem dos atributos do solo faz parecer que os mesmos possuem um comportamento aleatório, quando, de fato, refletem o desconhecimento que se tem de todos os processos e das suas interações no fenômeno natural.

Neste contexto, destaca-se o método de interpolação por krigagem, capaz de estimar o valor de uma dada propriedade para um local onde não foi medida. Sendo assim, o estudo da variabilidade espacial do solo se torna importante para o planejamento conservacionista. Seu uso permite a elaboração

de semivariogramas, que quantificam a dependência espacial de atributos do solo, permitindo a aquisição de estimativas da propriedade do solo, em locais não amostrados, com erro mínimo (CARVALHO *et al.*, 2012). E além de analisar a dependência espacial desses valores, ainda proporciona meios para que sejam efetuados os respectivos mapeamentos, por meio da krigagem (MONTANARI *et al.*, 2012).

Os atributos físicos do solo são diretamente relacionados com as práticas de manejo e o formato do relevo. O manejo inadequado leva os solos a processos erosivos e conseqüentemente degradação dessas áreas. Atualmente, estudos de variabilidade espacial permitem obter uma melhor análise para tomada de decisões e resoluções das referidas problemáticas. Lima *et al.* (2015) trabalhando com variabilidade espacial da infiltração de água no solo, densidade do solo e textura em área de encosta sob processo de degradação observaram que todos os atributos físicos analisados apresentaram dependência espacial, uma vez que nenhum deles mostrou efeito pepita puro. Verificaram também que os mapas apresentaram uma relação muito clara entre a infiltração e os demais atributos físicos do solo, observando essa correlação principalmente na parte superior da encosta.

Oliveira *et al.* (2013), trabalhando com a influência do relevo na variabilidade espacial das diferentes frações granulométricas dos solos da Chapada do Apodi, concluíram que a ocorrência de maiores teores de areia e solos mais rasos na superfície convexa e mais elevada indica menor ação da pedogênese e maior intensidade do processo de erosão seletiva. Afirmam ainda que o uso da geoestatística contribuiu para a identificação de áreas com necessidades diferenciadas de manejo, servindo como importante ferramenta para a tomada de decisões, especialmente relacionadas à irrigação.

Silva *et al.* (2010), trabalhando com a fertilidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo húmico sob cafeeiros, concluíram que todas as variáveis

apresentaram estrutura de dependência espacial, com ausência de aleatoriedade na sua distribuição e que os métodos geoestatísticos permitiram eficiência na caracterização química do solo, possibilitando redução do número de análises laboratoriais, para a interpretação do comportamento de distribuição espacial da fertilidade. Silva *et al.* (2015) estudando a relação entre solo e vegetação em uma área do Bioma Cerrado sobre influência do Grupo Urucua afirmaram que a análise dos componentes principais indicou que a areia fina, a argila e o alumínio responderam por 93,7% da variabilidade da relação entre solos e fitofisionomias. Fonseca *et al.* (2016), avaliando a relação entre os atributos físicos do solo e do relevo com as áreas suscetíveis ao deslizamento de terra na sub-bacia do córrego do Yung em Juiz de Fora, observaram que o alcance para os atributos macroporosidade, microporosidade e silte em profundidade revelou os menores valores encontrados, o que evidencia o conhecimento da baixa continuidade estrutural do solo em áreas potencialmente erodíveis.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Amostragem

Devido à abrangência da APA Pandeiros 396.060,407 hectares (IEF, 2016), com auxílio do programa Google Earth® foi demarcada uma área de 83,39 ha (Figura 1), com predominância de Neossolo Quartzarênico e ocorrência de erosão em voçorocas, sendo definidos 47 pontos para a coleta de amostras de solos. A prospecção da área foi realizada pelo método do caminhamento livre, percorrendo-se toda a área e realizando observações e medições de campo em cada mudança de material de origem ou de seus atributos (EMBRAPA, 1995), o que decorreu nos 47 pontos avaliados, georreferenciados por meio de um receptor GPS/GNSS modelo Juno SC®, da marca Trimble®.

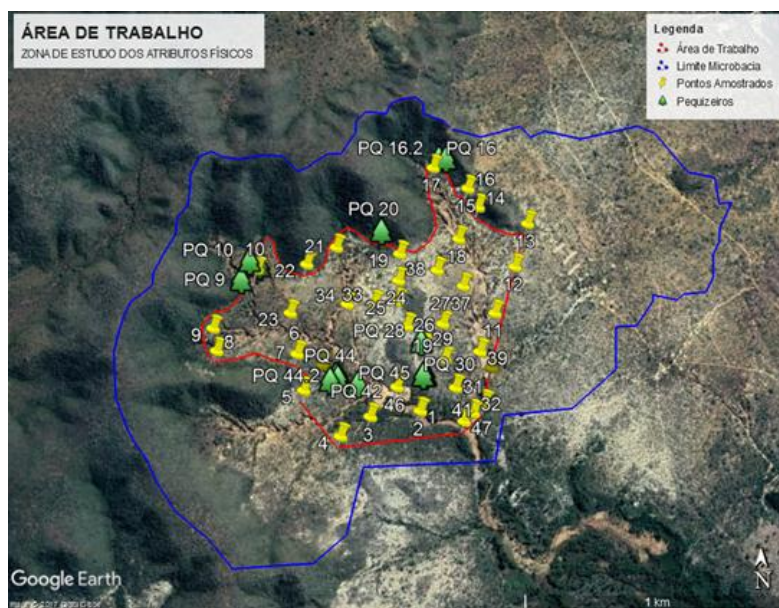


FIGURA 1: Limite da microbacia e da área do experimento.

Na mesma área delimitada, com auxílio de moradores locais foram identificados 15 plantas de pequizeiros, sendo georreferenciadas e medidas as alturas de plantas de pequizeiros (H_p) e altura da copa dos pequizeiros (H_c), por meio de clinômetro digital(modelo HEC-R, marca HAGLOF SWEDEN), bem como diâmetro do tronco a altura do peito (DAP - 1,5 m do solo), com auxílio de uma fita métrica.

3.2 Determinação dos atributos físicos do solo

Foram coletadas amostras de solo deformadas e indeformadas nas profundidades de 0-20 cm em 47 pontos georreferenciados. As amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas, passadas em peneiras de malha de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Com a TFSA foram determinadas a densidade de partículas (D_p), pelo método do balão volumétrico; a granulometria (argila, silte e areia), pelo método da pipeta, sendo as areias transferidas para conjunto de peneiras em agitador eletromagnético, determinando-se as frações:areia muito grossa (AMG); areia grossa (AG); areia média (AM); areia fina(AF) e areia muito fina (AMF). As amostras indeformadas foram usadas para a determinação da densidade do solo (D_s), pelo método do anel volumétrico, e o volume total de poros (VTP), a partir da umidade de saturação dos macroporos (Macro) e microporos (Micro) após extração de água em mesa de tensão, aplicando-se a tensão de 6 kPa. Todos os métodos de acordo com Embrapa (2011).

3.3 Análises estatísticas

A estatística descritiva foi realizada com o software Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2002). Foram calculadas a média, mediana, moda, valores mínimo e máximo, coeficiente de variação, curtose e assimetria. Os dados foram submetidos à hipótese de normalidade dos atributos, utilizando o teste de

Shapiro e Wilk (1965) a 5%. Nele a estatística W testa a hipótese nula, a qual julga ser a amostra proveniente de uma população com distribuição normal.

Foi montada a matriz de correlação, visando efetuar as regressões lineares para as combinações, duas a duas, entre todos os atributos estudados. Para cada atributo foi analisada a dependência espacial pelo cálculo do semivariograma, com bases nos pressupostos de estacionariedade da hipótese intrínseca, usando o software GS+, versão Demonstração (Gamma Design Software, 2004). Foram ajustados semivariogramas isotrópicos a todos os atributos estudados e estimados o efeito pepita (C0), o alcance (A0) e o patamar (C0 + C). A análise geoestatística permitiu a construção dos mapas por krigagem ordinária a partir dos semivariogramas ajustados para cada variável, utilizando os 47 pontos amostrais georreferenciados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Distribuição de frequência dos atributos

Os atributos Densidade de solo (Ds); Volume Total de Poros determinado (VTP); Macroporos (Macro); Microporos (Micro); Areia Muito Grossa (AMG); Areia Fina (AF); Areia Muito Fina (AMF) e Diâmetro do tronco do pequizeiro a altura do peito (DAP) apresentaram distribuição normal (Tabela 1). Quando uma variável possui distribuição de frequência normal, a medida de tendência central mais adequada para representá-la deve ser a média. Em contrapartida, será pela mediana, caso possua distribuição de frequência tendendo a normal ou indeterminada. Os valores da média e da mediana próximos indicam que estes dados seguem uma distribuição simétrica e que é um indicativo de que as medidas de tendência central são dominadas por valores típicos na distribuição (DALCHIAVON *et al.*, 2011).

Foram observados coeficientes de assimetria negativa para AF e AMF, ao contrário das variáveis Ds; VTP; Macro; Micro; AMG; Hd; Hc e DAP, nas quais os coeficientes de assimetria foram positivos. Os coeficientes de curtose para Macro; Micro; AMG; AF e Hp foram negativos. Já para Ds, VTP, Hc e DAP os coeficientes de curtose foram positivos. Assimetria e curtose próximas de zero indicam distribuição normal aproximada dos dados. Independentemente de tais coeficientes, esses atributos (Ds, VTP, Macro, Micro, Dp, AMG, AF, AMF e DAP) foram significativos a 5% de significância pelo teste de normalidade de Shapiro e Wilk (1965). Dessa forma os dados tendem a uma menor distorção e maior normalidade.

TABELA 1: Estatística descritiva dos atributos estudados.

ATRIBUTOS	ESTATÍSTICA							
	MIN	MAX	MED	MEDIANA	CV(%)	AS	CURT	W*
Altitude (m)	639,50	674,17	656,89	656,51	1,58	0,00	-1,25	NÃO
Ds (g cm ⁻³)	1,36	1,74	1,54	1,54	5,00	0,09	0,46	SIM
VTP (cm cm ⁻³)	0,23	0,62	0,43	0,43	17,40	0,08	0,85	SIM
Macro (cm cm ⁻³)	0,03	0,66	0,32	0,31	44,95	0,44	-0,17	SIM
Micro (cm cm ⁻³)	0,16	0,52	0,34	0,34	25,96	0,07	-0,35	SIM
Dp (g cm ⁻³)	2,23	2,96	2,53	2,52	5,50	0,90	3,09	NÃO
AMG%	0,07	0,87	0,43	0,37	45,13	0,49	-0,48	SIM
AG%	0,01	1,07	0,41	0,37	50,29	1,32	2,63	NÃO
AM%	5,47	18,30	10,10	9,17	32,48	0,90	0,18	NÃO
AF%	17,67	36,4	28,84	29,47	17,17	-0,43	-0,58	SIM
AMF%	35,83	64,7	51,74	52,27	13,3	-0,29	-0,17	SIM
Argila %	3,70	12,50	6,94	6,25	34,97	0,39	-1,05	NÃO
Silte %	2,05	6,55	3,14	3,13	23,60	2,10	8,92	NÃO
Areia%	84,25	92,86	89,92	90,54	2,86	-0,54	-0,83	NÃO
Hd (m)	7,30	15,70	10,27	9,00	25,90	1,00	-0,05	NÃO
Hc (m)	2,20	6,70	3,56	3,40	35,17	1,32	1,63	NÃO
DAP (cm)	0,56	2,08	1,05	0,92	41,51	1,07	0,59	SIM

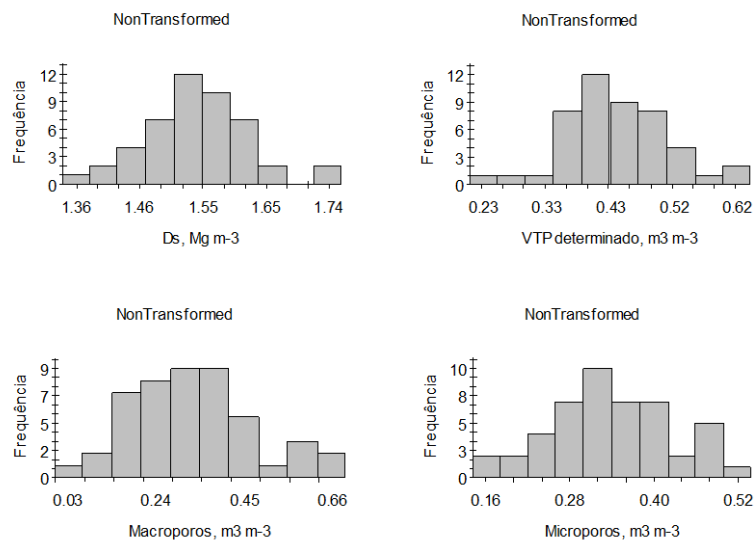
Min: valor mínimo; Max: valor máximo; Med.: valor médio; CV: coeficiente de variação; As: assimetria; Curt: curtose; *: teste de normalidade Shapiro-Wilks (5% de significância); Dp: densidade de partículas; Ds: densidade do solo; VTP: volume total de poros; Macro: macroporos; Micro: microporos; argila; silte; areia total; Hd: altura de plantas; Hc: Altura de copa; DAP: diâmetro do tronco a altura do peito.

A distribuição de frequências e o histograma permitem visualizar o comportamento da variável em estudo, com relação à tendência de concentração de dados (tendência simétrica ou assimétrica). Esta tendência na análise descritiva pode direcionar procedimentos específicos de análise (SOARES, 2002). Segundo Pimentel Gomes e Garcia (2002), a variabilidade de um atributo pode ser classificada segundo a magnitude de seu coeficiente de variação (CV). Suas classes foram determinadas como Baixa ($CV \leq 10\%$), Média ($10\% < CV \leq 20\%$), Alta ($20\% < CV \leq 30\%$) e Muito Alta ($CV > 30\%$).

A Ds e Dp apresentaram baixos CV mostrando uma baixa dispersão dos dados em relação à média. Para VTP; AMF e AF houve um coeficiente de variação mediano. O atributo Microporos e a altura dos pequizeiros tiveram um coeficiente de variação alto, e Macroporos, Areia Muito Grossa, altura da copa e

diâmetro do tronco a altura do peito teve um coeficiente de variação muito alto. O CV é usado para comparar e avaliar as variáveis, podendo-se observar que as variáveis que apresentam um CV alto indicam uma grande variação dos dados em relação à média, mostrando uma distribuição heterogênea. Valores similares foram encontrados por Campos *et al.* (2013), estudando a variabilidade espacial de atributos físicos do solo.

Na Figura 2 observa-se que os atributos densidade de partículas (Dp); areia grossa (AG); areia média (AM); argila; silte e areia apresentaram distribuição de frequência do tipo indeterminada. Portanto, as respectivas medidas de tendência central deverão ser representadas pelos valores da mediana (Figura 3). Tais atributos (Dp, AG, AM, argila e silte) possuem coeficientes de assimetria positiva, enquanto areia foi negativa. Os coeficientes de curtose para Dp, AG, AM, S foram positivos. Já para a para argila e areia os mesmos foram negativos. Todos estes coeficientes não foram significativos a 5% de significância, pelo teste de normalidade de Shapiro e Wilk (1965).



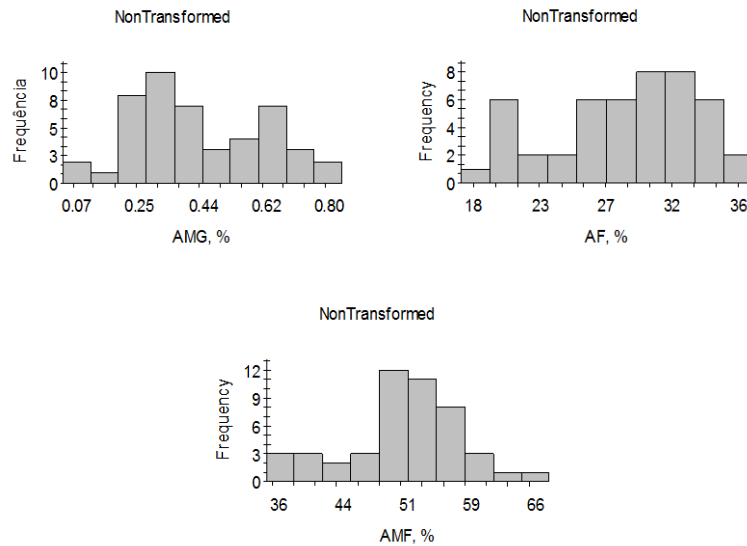


FIGURA 2: Histogramas dos atributos que apresentaram normalidade: densidade do solo (Ds); volume total de poros (VTP); macroporos (Macro); microporos (Micro); areia muito grossa (AMG); areia fina (AF) e areia muito fina (AMF).

Para os atributos silte, AG, AM e argila foram observadas alta variabilidade (Figura 3), evidenciando uma alta heterogeneidade dos atributos avaliados na área de estudo, até mesmo pelos elevados CV (Tabela 1). Ribeiro *et al.* (2007) trabalhando com Neossolo Quartzarênico, com 7,9% de areia muito fina, observaram que quanto mais heterogêneo era o solo em relação ao tamanho de partículas, maior era sua suscetibilidade ao selamento superficial e à compactação. A alta variabilidade das propriedades físicas do solo, como o conteúdo de areia, argila, silte e a densidade do solo aumentam a variabilidade do tamanho de poros e porosidade total que alteram, conseqüentemente, a infiltração e retenção de água pelo solo (BETIOLI JUNIOR *et al.*, 2012).

O silte e a argila apresentaram CV maior que a fração areia, ressaltando-se que esta maior variabilidade pode estar relacionada com sua maior

mobilidade no solo, pois a água do deflúvio consegue transportar essas partículas com maior facilidade, depositando-as na planície, localizada no terço inferior da paisagem, às margens dos fundos dos vales (SILVA *et al.*, 2015). Segundo Scopel *et al.* (2012), os maiores teores de areia fina e muito fina em Neossolos Quartzarênico favorecem a formação de selamento superficial. Segundo Sigua e Hudnall (2008), ao longo do tempo a água de deflúvio pode transportar partículas sólidas, sais e partículas suspensas, que serão depositadas nas veredas onde estão as cotas mais baixas no terreno. Os coeficientes de assimetria e curtose indicam tendência simétrica dos dados, mas a curva é do tipo platicúrtica, diferindo da curva normal (mesocúrtica). Com base em uma análise visual dos histogramas, verifica-se uma distribuição de frequências não bimodal para esses atributos.

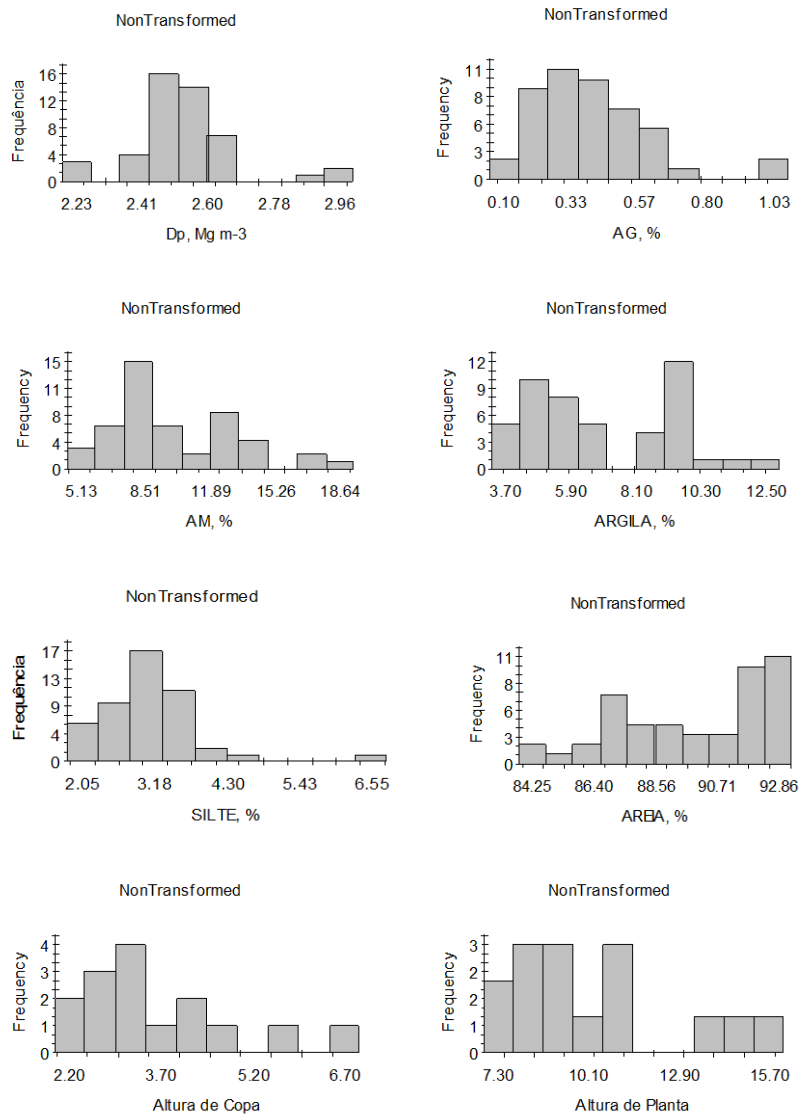


FIGURA 3: Histogramas dos atributos que não apresentaram normalidade: densidade de partículas (Ds); areia grossa (AG); areia média (AM); argila; silte; areia total; (Hd) altura de planta e (Hc) altura de Copa.

A ausência de normalidade da maioria dos atributos do solo avaliados pode ser justificada pela heterogeneidade do solo e suas diferentes coberturas

vegetais. Silva Neto *et al.* (2011) estudando atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico sob cultivo de pastagem, também encontraram domínio da distribuição de frequência do tipo indeterminado com coeficiente de assimetria positivo entre 0,09 e 0,72 e negativo -0,05 e -0,20, coeficiente de curtose positivo entre 0,07 e 0,24 e negativo entre -1,84 e -0,31.

Ainda segundo Silva Neto *et al.* (2011), tal fato ocorre devido a não haver uma distribuição homogênea dos atributos do solo, onde a maioria desses atributos são alterados rapidamente, devido à baixa agregação de partículas, baixa CTC e argila do Neossolos. Solos leves, com textura arenosa, possuem estrutura fraca, pequena granular ou grãos simples com baixa coesão e estabilidade de agregados, conferindo grande friabilidade e alta erodibilidade a esses solos (DONAGEMMA *et al.*, 2016).

4.2 Análises das correlações de Pearson e dos semivariogramas

Houve correlação positiva da altitude com AMG e AF (Tabela 2), indicando que as características do relevo podem alterar a pedogênese, pois o material de origem pode sofrer mudanças de deposição e transporte de partículas, com variabilidade dos atributos resultante do fluxo de água e do regime de chuvas na região. Assim, as partes inferiores do relevo são favorecidas pela deposição, porque a água em movimento irá depositar as partículas mais leves extraídas das partes altas nos locais de menor altitude. Esses pontos de menor altitude recebem partículas orgânicas e minerais. Dessa forma as áreas de menor altitude recebem os sedimentos de menor densidade (SIGUA & HUDNALL, 2008).

Por outro lado, não foi detectada relação direta significativa entre a altitude e os atributos físicos do solo Ds, VTP, Macro, Micro, Dp, AG, AM, AMF, argila, silte e areia total.

TABELA 2: Matriz de correlação linear simples entre os atributos do solo (Ds; VTP; Macro; Micro; Dp; AMG; AG; AM; AF; AMF; argila; silte e areia total) e a altitude.

ATRIBUTOS	Altitude	DS g cm ⁻³	VTP cm cm ⁻³	Macro cm cm ⁻³	Micro cm cm ⁻³	Dp g cm ⁻³	AMG %	AG %	AM %	AF %	AMF %	Argila %	Silte %	Areia %
Altitude m		-0,04ns	0,20ns	0,26ns	-0,18ns	0,11ns	0,32**	0,23ns	0,11ns	0,31**	-0,28ns	0,13ns	0,02ns	-0,13ns
DS g cm ⁻³			-0,60**	-0,41**	0,25ns	-0,14ns	0,07ns	0,18ns	-0,11ns	-0,20ns	0,20ns	0,07ns	0,17ns	-0,12ns
VTP cm cm ⁻³				0,81**	-0,24ns	0,01ns	0,02ns	-0,12ns	-0,15ns	0,11ns	-0,04ns	0,15ns	-0,01ns	-0,14ns
MACRO cm cm ⁻³					-0,74**	0,06ns	-0,00ns	0,01ns	-0,06ns	0,29**	-0,18ns	0,10ns	-0,10ns	-0,07ns
MICRO cm cm ⁻³						-0,14ns	0,06ns	-0,11ns	-0,15ns	-0,41**	0,31**	0,07ns	0,22ns	-0,13ns
DP g cm ⁻³							0,02ns	0,28ns	0,13ns	0,26ns	-0,23ns	-0,14ns	-0,11ns	0,17ns
AMG%								0,35**	0,00ns	-0,00ns	-0,01ns	0,38**	0,23ns	-0,43**
AG%									0,43**	0,42**	-0,49**	0,05ns	0,07ns	-0,07ns
AM%										0,54**	-0,86**	-0,24ns	-0,18ns	0,28ns
AF%											-0,87**	-0,30**	-0,17ns	0,33**
AMF%												0,28ns	0,17ns	-0,32**
ARGILA %													0,05ns	-0,96**
SILTE %														-0,33**
AREIA %														

Dp: densidade de partículas; Ds: densidade do solo; VTP: volume total de poros; Macro: macroporos; Micro: microporos; argila; silte; areia total.

4.3 Variografia

Todos os atributos estudados apresentaram estrutura de dependência espacial, conforme os semivariogramas e seus respectivos modelos teóricos ajustados (Figura 4, 5 e 6). O modelo esférico é considerado por muitos autores como o que melhor se ajusta aos atributos do solo (GUEDES FILHO *et al.*, 2010). O alcance (A0) de dependência espacial é um dos parâmetros importantes do semivariograma e define a distância máxima até onde um atributo de um ponto amostral possui dependência com os atributos do seu ponto vizinho (GUERRA, 1988). O efeito pepita (C0) reflete as variações não detectadas pela distância insuficiente da malha de amostragem (CAMPARDELLA *et al.*, 1994). Quando expresso como porcentagem da semivariância total é chamado patamar (C0+C), possibilitando melhor comparação entre as variáveis quanto ao grau de dependência espacial (TRANGMAR *et al.*, 1985).

De acordo com os critérios propostos por Cambardella *et al.* (1994) os semivariogramas com efeito pepita < 25%, entre 25 e 75% e >75%, são considerados como de forte, moderada e fraca dependência espacial, respectivamente. A análise geostatística atestou que os atributos apresentaram dependência espacial sendo o modelo exponencial para Ds e AM (Figura 4), com alcance de 145 m e 151 m, respectivamente, ou seja, amostras de densidade do solo e areia média posicionadas em distâncias inferiores ao alcance possuem menor variabilidade entre si, sendo dependentes espacialmente. A relação entre o efeito pepita e o patamar de 25,63% para a densidade do solo indica dependência espacial moderada. Essa relação para areia média foi de 11,61%, o que indica que a dependência espacial forte.

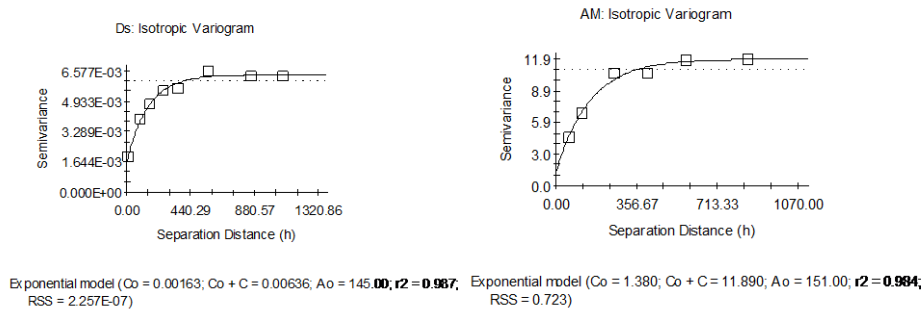
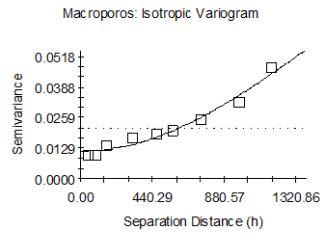


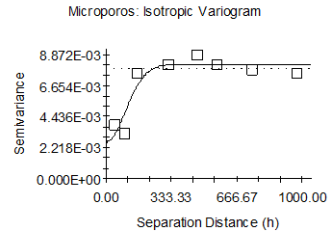
FIGURA 4: Semivariogramas dos atributos densidade do solo (Ds) e areia média (AM).

Os atributos macroporos, microporos, areia muito grossa e areia grossa apresentaram dependência espacial com modelo gaussiano e alcances respectivos de 2050, 140, 91 e 86 m (Figura 5). O alcance dos semivariogramas pode fornecer informações relevantes sobre a gênese de solos na paisagem, uma vez que as interpolações permitem melhor visualização dos padrões de

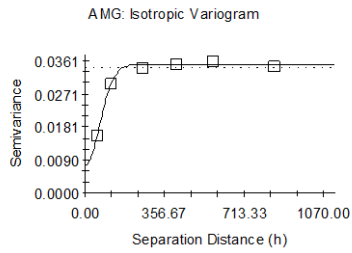
distribuição espacial e, portanto, melhor compreensão dos fatores e processos mais ativos na pedogênese de determinado solo (SOUZA *et al.*, 2006).



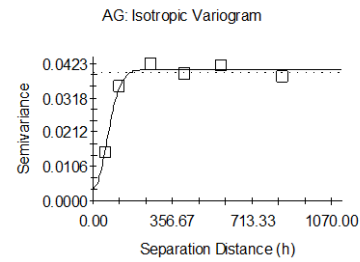
Gaussian model (Co = 0.01170; Co + C = 0.12970; Ao = 2050.00; $r^2 = 0.967$; RSS = 3.652E-05)



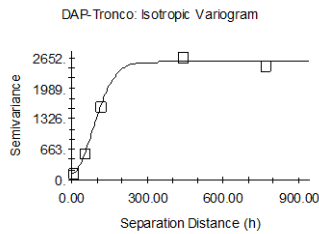
Gaussian model (Co = 0.00263; Co + C = 0.00816; Ao = 140.00; $r^2 = 0.868$; RSS = 4.171E-06)



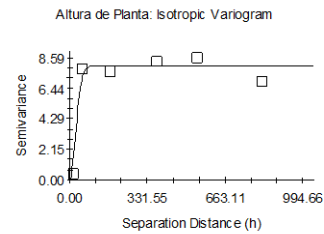
Gaussian model (Co = 0.008; Co + C = 0.035; Ao = 91.00; $r^2 = 0.994$; RSS = 1.813E-06)



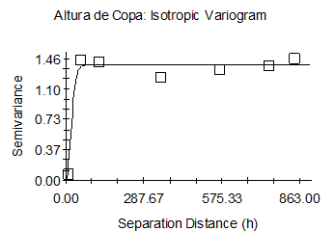
Gaussian model (Co = 0.004; Co + C = 0.041; Ao = 86.00; $r^2 = 0.977$; RSS = 1.254E-05)



Gaussian model (Co = 133.00000; Co + C = 2558.00000; Ao = 120.00; $r^2 = 0.996$; RSS = 18065.)



Gaussian model (Co = 0.01000; Co + C = 7.96900; Ao = 35.00; $r^2 = 0.956$; RSS = 2.63)

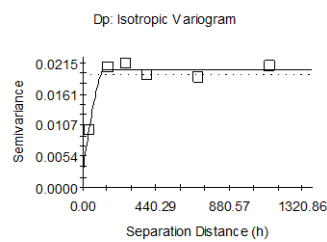


Gaussian model (Co = 0.00100; Co + C = 1.38100; Ao = 26.00; $r^2 = 0.976$; RSS = 0.0385)

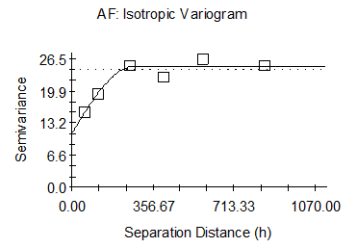
FIGURA 5: Semivariograma dos atributos macroporos (Macro); microporos (Micro); areia muito grossa (AMG); areia grossa (AG); diâmetro do tronco a altura do peito (DAP) e altura de copa (Hc).

A relação entre o efeito pepita e o patamar de 9,02%; 0,13%; 0,07%; 5,20% para macroporos, (Hp) altura de pequizeiros, (Hc) altura de copa de pequizeiros e DAP de pequizeiros, respectivamente, indicam forte dependência espacial, sendo esta dependência moderada para microporos (32,23%) e areia muito grossa (22,86%), e fraca para areia grossa (97,56%).

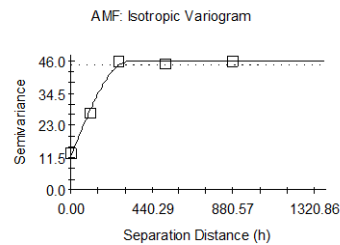
Para os atributos Dp, AF, AMF, argila e areia total observaram-se dependência espacial com modelo esférico e alcance do semivariograma de 135, 274, 310, 580 e 685 m, respectivamente (Figura 6). Sendo assim, amostras para tais atributos não devem ser selecionadas a distâncias inferiores às distâncias mencionadas ou estarão correlacionadas entre si.



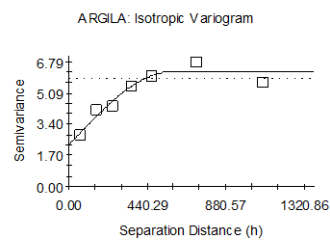
Spherical model (Co = 0.00258, Co + C = 0.02036, Ao = 135.00, $r^2 = 0.954$, RSS = 4.423E-06)



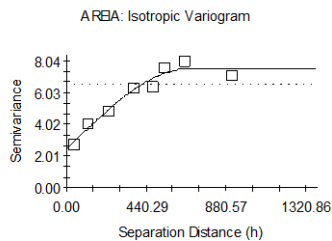
Spherical model (Co = 11.210, Co + C = 24.940, Ao = 274.00, $r^2 = 0.923$, RSS = 7.01)



Spherical model (Co = 12.000, Co + C = 45.850, Ao = 310.00, $r^2 = 0.994$, RSS = 5.50)



Spherical model (Co = 2.27000, Co + C = 6.25600, Ao = 580.00, $r^2 = 0.927$, RSS = 0.794)



Spherical model (Co = 2.46000, Co + C = 7.57300, Ao = 685.00, $r^2 = 0.961$, RSS = 0.937)

FIGURA 6: Semivariograma dos atributos: densidade de partículas (Dp); areia fina (AF); areia muito fina (AMF); argila e areia total.

A relação entre o efeito pepita e o patamar foi de 12,67% para densidade de partículas o que indica forte dependência espacial. Para AF, AMF, argila e areia total a relação foi de 44,95; 26,17; 36,29; 32,48%, respectivamente, indicando dependência espacial moderada. Cambardella *et al.* (1994) afirmam que quanto mais forte for a dependência espacial maior a possibilidade de que

uma variável é influenciada pelas propriedades do solo, como a densidade, porosidade, infiltração, etc. Já os atributos que apresentam fraca dependência são mais influenciados por fatores extrínsecos, como o relevo, o manejo do solo, o pisoteio animal, dentre outros. Os atributos que apresentaram dependência considerada moderada indicam que eles são mais influenciados pelo relevo, falta de manejo e pisoteio animal do que os demais (LIMA *et al.*, 2015).

4.4 Mapas de variabilidade dos atributos

O ravinamento ocasionado pela erosão em sulcos tem sua origem, conforme relato dos moradores, nos locais das estradas para transporte do carvão vegetal, ou ainda nas trilhas de gado. As ravinas foram se desenvolvendo e se aprofundando, transformando-se em voçorocas. Essas se desenvolvem geralmente em solos frágeis, com baixa infiltração e sem cobertura vegetal, com relevos acidentados. Existem dois canais de drenagem por onde começam as ravinas e voçorocas na área. Um canal no sentido noroeste-sudoeste e outro no sentido nordeste-sudeste (Figura 1).

Isso provavelmente está acontecendo devido às frágeis condições desse solo, à declividade do terreno e à falta de cobertura vegetal. Existe uma alta concentração dos maiores valores de argila, silte e areia muito fina no sentido nordeste da área. Já no sentido noroeste acontece a alta concentração de areia fina (Figura 7). Tais partículas selam os poros do solo causando escoamento das águas pluviais. Partículas como a argila e o silte podem ser transportadas com a água da chuva, para as áreas mais baixas do terreno. Essas partículas seladoras livres bloqueiam poros e reduzem a aeração e infiltração de água no solo (REINERT & REICHERT, 2006). A fração silte apresenta variações ao longo da área (manchas mais avermelhadas), considerando-se que os teores de silte são maiores em profundidade (TAVARES *et al.*, 2012). Esse atributo, em função de sua instabilidade, é pouco desejável, visto que é a primeira a se desprender pela

ação das gotas de chuva, tornando-se a principal fração a ser arrastada (LIMA *et al.*, 2015).

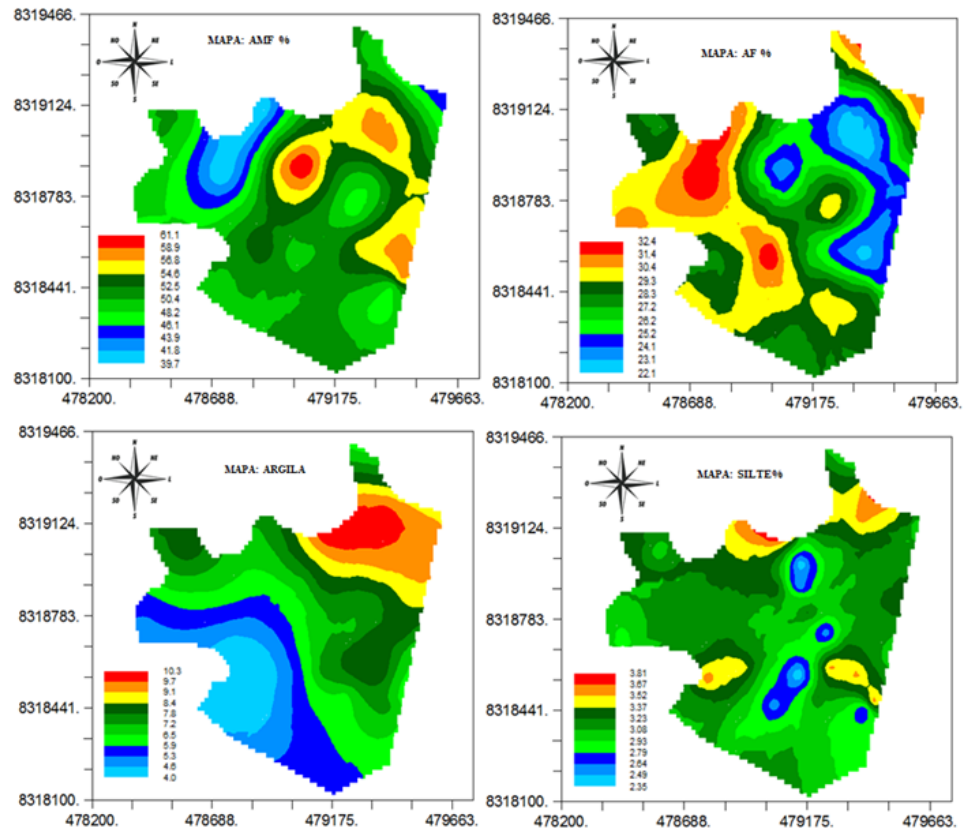


FIGURA 7: Mapa do conteúdo de argila, silte, areia muito fina (AMF) e areia fina (AF), obtidos por krigagem ordinária.

A altitude foi maior nos sentidos oeste ao nordeste, assim a maior declividade da área está também nessa região (Figura 8). A altitude proporciona especial atenção, pois sua influência sobre a infiltração, movimentação vertical e horizontal de água apresentam grande importância para os processos de armazenamento de água dentro do perfil do solo e, ainda, sua relação com o transporte e a deposição de sedimentos, causando variabilidade espacial nos

atributos do solo (BETIOLI JÚNIOR *et al.*, 2012). Nessa mesma região de maiores altitudes são encontrados os maiores valores para argila, silte, Ds, AF demonstrando a forte influência do relevo nestas variáveis e consequentemente na contribuição para o aumento da degradação da área pela compactação do solo, o que gerou na região menos macroporos, que são os responsáveis pela infiltração da água no solo. O relevo da área pode controlar grande parte da distribuição dos atributos físicos do solo na paisagem. A variabilidade dos atributos do solo e sua dependência podem ser atribuídas ao relevo, pedogênese e deflúvio superficial (SIGUA; HUDNALL, 2008).

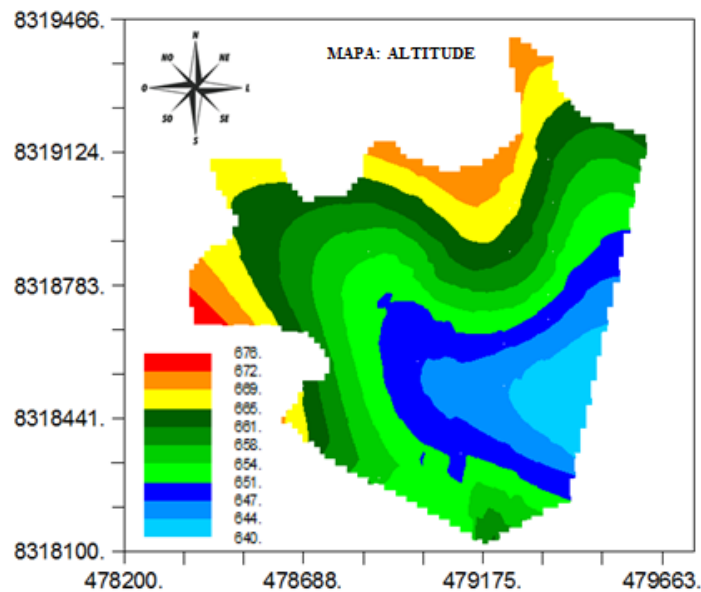


FIGURA 8: Mapa da altitude, obtido por krigagem ordinária.

A relação entre altitude, concavidade, convexidade do relevo e os atributos analisados evidencia como a erosão laminar, em sulcos e voçorocas contribui para o assoreamento das veredas. As menores altitudes são encontradas nas regiões de concavidade localizadas nos centros das voçorocas, onde ocorre a

concentração das águas oriundas do deflúvio no terreno. Assim, os pontos com as menores cotas no relevo são os canais das voçorocas, por onde são escoados os materiais minerais e orgânicos da encosta para a vertente onde localizam-se as voçorocas. Os fatores de formação do solo (material de origem, clima, organismos, relevo e tempo) estão em constante operação. Entre esses fatores o relevo é considerado muito mais um agente de remoção e destruição do solo do que de formação, visto sua influência no processo erosivo (LIMA *et al.*, 2015).

Maiores valores de macroporos, menores valores de densidade de solo e os maiores valores de volume total de poros (Figura 9) são observados nas áreas de mata, provavelmente devido à presença da matéria orgânica como agregante e estabilizante da estrutura do solo, proporcionando maior infiltração e menor compactação do solo.

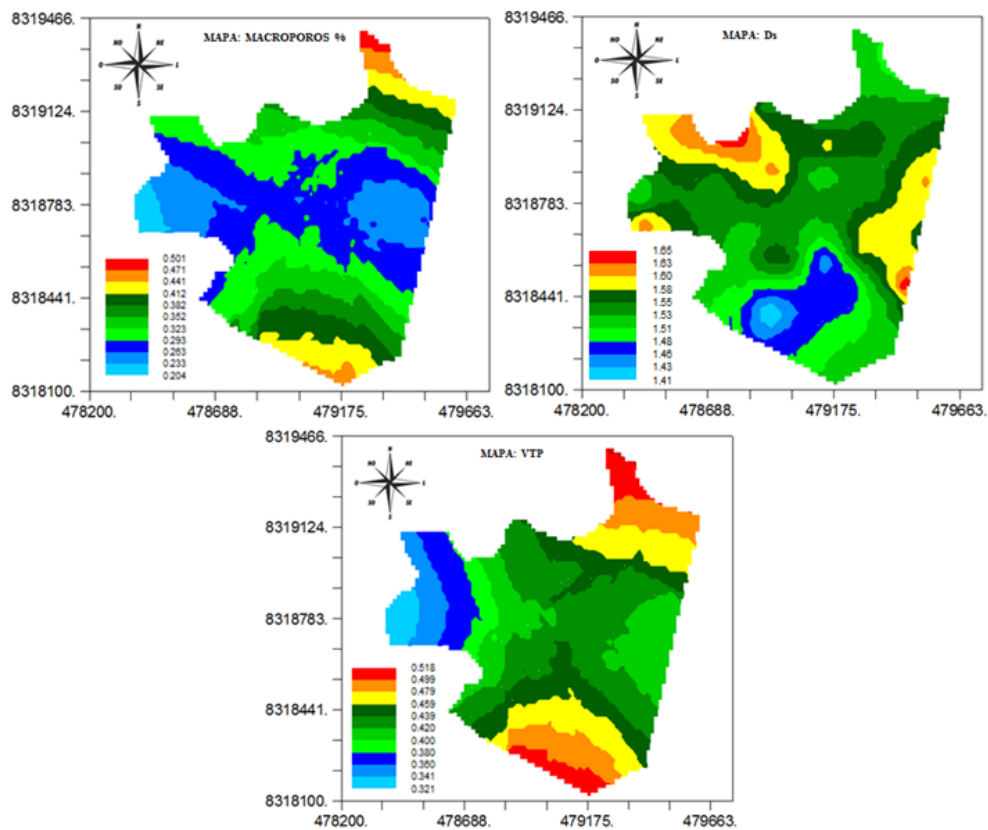


FIGURA 9: Mapa do conteúdo de macroporos, densidade do solo (Ds) e volume total de poros (VTP) obtidos por krigagem ordinária.

A densidade do solo atua diretamente na compactação do solo e seus valores podem ter relação com o número de bovinos caminhando sobre a área, cuja taxa de lotação exagerada podem provocar sérios problemas na densidade do solo (LIMA *et al.*, 2015). Segundo Oliveira *et al.* (2007), considerando a área sob vegetação natural de cerrado, observa-se que todas as áreas sob interferência antrópica apresentaram incremento na densidade do solo (Ds), o que demonstra o efeito do manejo sobre esse atributo, resultando em maior compactação e consequente deflúvio superficial.

Apresentando grande amplitude de densidade em função de suas características mineralógicas, as quais se incluem a textura, a areia apresenta baixa superfície específica comparativamente às frações silte e argila e, por consequência, apresenta também baixa capacidade de agregação, o que contribui para redução do espaço poroso e aumento da densidade do solo (STEFANOSKI, 2013).

O aumento na deposição de material orgânico no solo pode favorecer a agregação das partículas no solo, infiltração de água, dentre outros parâmetros favoráveis ao desenvolvimento radicular das plantas (PORTUGAL, 2010). Para os microporos seus maiores valores se concentram na região nordeste do mapa, onde se encontra um dos canais da voçoroca, indicando baixa infiltração nesse local. Os menores valores para os microporos estão localizados onde as concentrações de areia total são maiores, justificando a menor ocorrência de microporos (Figura 10). A densidade de partículas apresenta valores medianos e uniformes em toda a área de estudo de acordo com a (Figura 10).

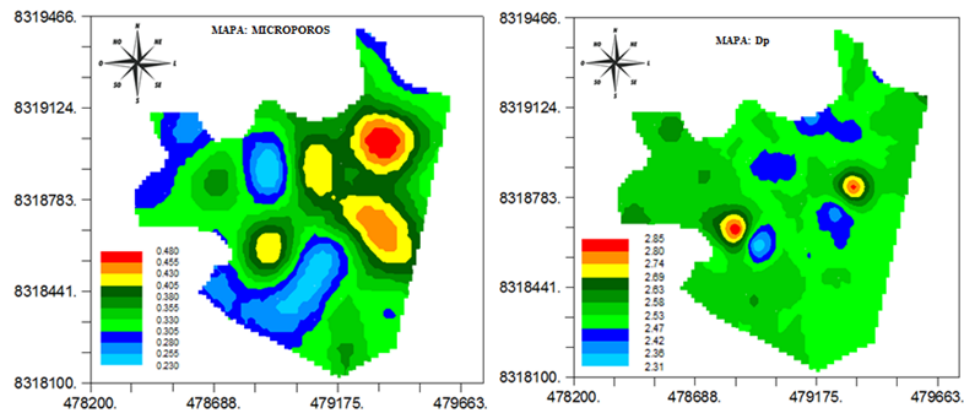


FIGURA 7: Mapa do conteúdo de microporos e densidade de partículas (Dp) obtido por krigagem ordinária.

Dependendo como essas partículas são arranjadas, determinam comportamentos físico-hídricos bastante diferenciados, que, por sua vez, podem

significar diferenças consideráveis e muitas vezes determinantes no que se refere ao manejo, à produção e produtividade (PRUSKI, 2009). O incremento desse atributo do solo, quando submetido ao uso agrícola, tem sido relatado por vários autores, como resultado da compactação do solo, promovendo a transformação de parte dos macroporos em microporos (SILVA *et al.*, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2007). A um predomínio dos teores elevados de AMG nas áreas de maiores altitudes, com mata nativa localizada no sentido nordeste do mapa (Figura 11).

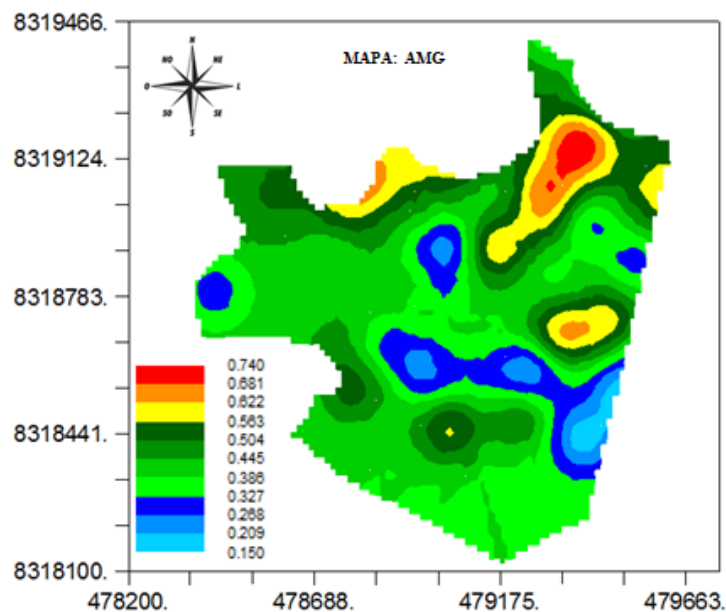


FIGURA 8: Mapa de areia muito grossa (AMG), obtido por krigagem ordinária.

Em relação à AG e AM, maiores valores para esses atributos estão concentrados no sentido oeste, sudoeste (Figura 12).

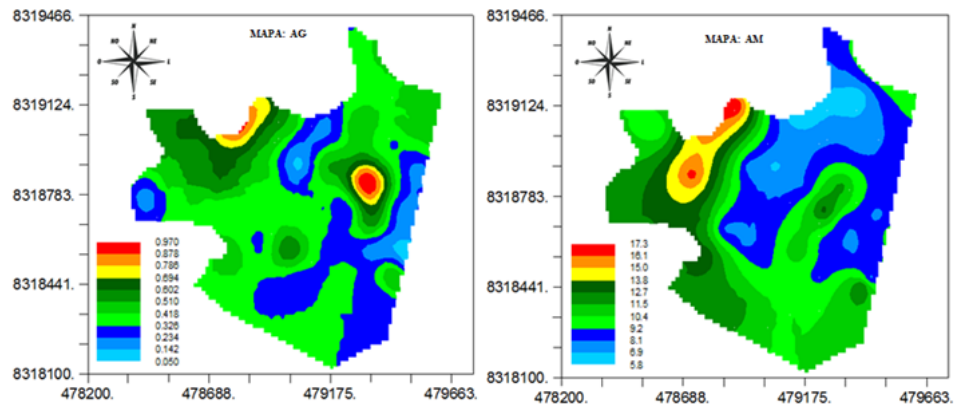


FIGURA 9: Mapas de areia grossa (AG) e areia média (AM), obtidos por krigagem ordinária.

A AF possui valores maiores no sentido noroeste-sudoeste (Figura 13). Maiores teores de areia fina e muito fina na camada superficial de Neossolos Quartzarênico favorecem o selamento superficial (SCOPEL *et al.*, 2012), reduzindo o tamanho de poros e a capacidade de infiltração de água no perfil do solo, causando acúmulo de água e seu escoamento superficial.

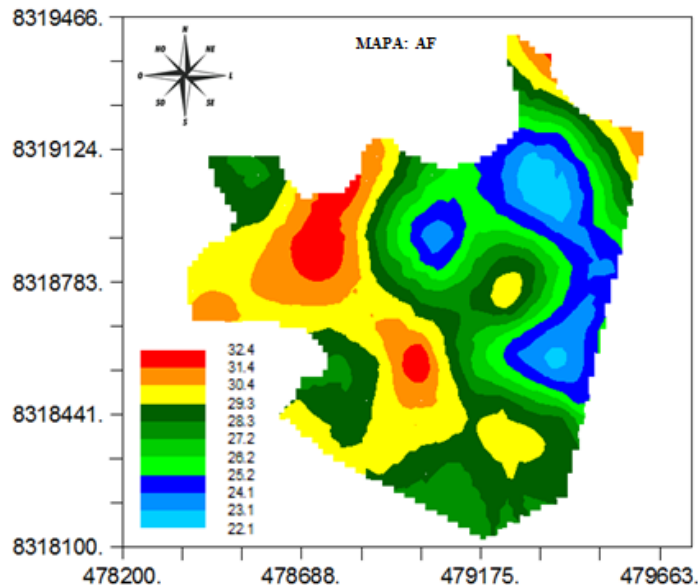


FIGURA 10: Mapa de areia fina (AF), obtido por krigagem ordinária.

Souza *et al.* (2006) ressaltam que as alterações ocasionadas pelo relevo podem alterar a dinâmica hídrica nos solos de uma área, condicionando uma distribuição diferenciada de suas propriedades. Desta forma, a avaliação dos atributos físicos auxilia no estudo do comportamento de solos em áreas degradadas. Dentre estes atributos podemos destacar a textura, a qual possui interferência direta nas demais propriedades físicas do solo, como na estrutura, distribuição de tamanhos de poros, compactação e adensamento, selamento superficial, escoamento superficial, drenagem e processo de infiltração (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Solos aparentemente iguais podem apresentar comportamento diferente devido a características intrínsecas, determinadas pela atuação de processos de formação diferentes e pela natureza de seu material formador (RESENDE *et al.*, 2007).

As cores mais escuras na Figura 14 indicam uma aglomeração das maiores plantas nos locais de maior altitude no terço superior no terreno, e as plantas menores ficaram concentradas no terço inferior.

Com relação ao DAP, as plantas que apresentam maior diâmetro estão localizadas nos locais de maior altitude. Segundo Oliveira e Scariot (2010), no norte de Minas Gerais, os pequizeiros com diâmetro de troncos acima de 25 cm são mais produtivos que os pequizeiros de troncos com menor diâmetro. As plantas com menor altura de copa estão localizadas nos locais de menor altitude. Segundo Caldeira *et al.* (2007), o pequizeiro possui um melhor desenvolvimento quando o solo apresenta textura predominantemente argilosa em torno de 57,7% e as populações predominam em altitude máxima de 964 m, com média de 812 m.

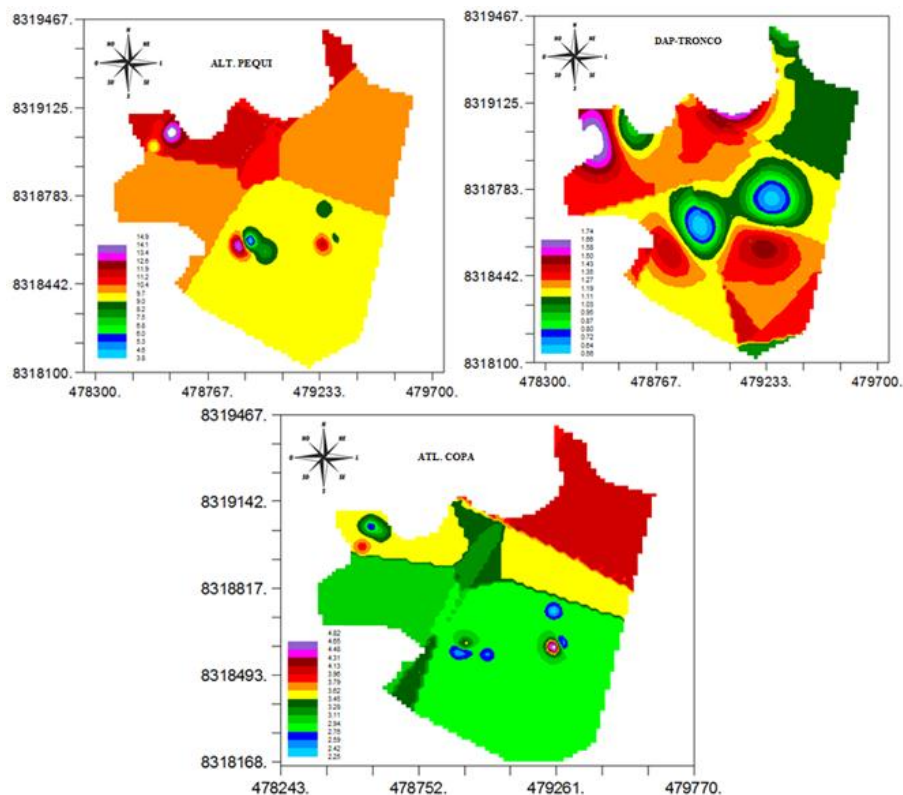


FIGURA 11: Altura do pequizeiro (H_d), diâmetro do tronco a altura do peito (DAP) e altura da copa do pequizeiro (H_c), obtidos por krigagem ordinária.

Analisando-se a qualidade dos mapas de pequizeiro, observa-se que devido à baixa densidade de amostragem dos pequizeiros, a krigagem não pode expressar plenamente a distribuição das variáveis de planta, sendo necessário maior quantidade de pontos amostrais para a construção de semivariogramas mais robustos que produzam mapeamentos mais detalhados ou menos dissimilares em relação à referência. Outros interpoladores como o inverso da distância poderiam gerar melhores resultados (COELHO *et al.*, 2003).

5. CONCLUSÃO

Com o estudo da variabilidade espacial dos atributos físicos foi possível determinar a dependência espacial de todos os atributos analisados.

O porte dos pequizeiros e a distribuição das frações granulométricas na área de estudo são diretamente influenciados pelo relevo da encosta.

Houve uma relação muito clara entre o tamanho de poros e os demais atributos físicos do solo, observando essa correlação principalmente na parte de maior altitude da encosta com predomínio dos microporos. O que mostra que o pequizeiro ocorre em solos tradicionalmente considerados de baixo nível de fertilidade.

A dinâmica do processo de degradação da área de encosta pode ser melhor compreendida através da análise espacial dos atributos físicos do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, T. S. 2007. **Proposta metodológica para delimitação e classificação do ambiente de vereda utilizando imagens orbitais**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 108 pp.

ALMEIDA, S. P.; SILVA, J. A. **Piqui e buriti: importância alimentar à população dos cerrados**. Brasília: Documentos, p.1-38. 1994.

ANGELICO, J. C.; SILVA, I. N. Eficiência da krigagem na estimativa das variáveis físicas e químicas do solo. **Energia na Agricultura**, v. 21, n. 1, p. 106-117, 2006.

ANJOS, A.; MAZZA, M. C. M.; SANTOS, A. C. M. C.; DELFINI, L. T. Análise do padrão de distribuição espacial da Araucária (*Araucária Angustifolia*) em algumas áreas do Paraná, utilizando a função K de Ripley. **Scientia Forestalis**, n. 66, p. 36-45, 2004.

ARATANI, R. G. *et al.* Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 3, p. 677-687, 2009.

ARAÚJO, E.J.G.; DAVID, H.C.; NETTO, S.P.; MORAIS, V.A.; SCOLFORO, J.R.S. Padrão espacial de espécies arbóreas em fragmento de floresta estacional semidecidual. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 57, n. 2, p. 166-171, 2014.

ÁVILA, M. A. *et al.* Estrutura da regeneração natural em relação às propriedades do solo e distúrbio em duas florestas higrófilas. **Cerne**, v. 22, n. 1, p. 1-10, 2016.

BACELLAR, L. de A. P. **Processos de formação de voçorocas e medidas preventivas e corretivas**. Ouro Preto: UFOP, 2006.

BARRELLA, W. *et al.* **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes**. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo, Ícone, 1990. 355p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JÚNIOR, R. Equação de perdas de Solos. **Boletim Técnico**, São Paulo, n. 21, jan. 1975.

BETHONICO, MBM 2009. **Área de proteção ambiental Estadual do rio Pandeiros- MG: Espaço, Território e atores**. PhD Thesis, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 288 pp.

BETIOLI JÚNIOR, E. Intervalo hídrico ótimo e grau de compactação de um Latossolo Vermelho após 30 anos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 971-982, 2012.

BOAVENTURA, R. S. **Vereda berço das águas**. Belo Horizonte: Ecodinâmica. 2007.

BRASIL. Lei nº 11.901 de 01 de setembro de 1995. **Declaração de proteção ambiental as áreas de interesse ecológico situadas na bacia hidrográfica do rio Pandeiros**. Disponível em: <http://www.sfrancisco.bio.br/legislac/111901.html>. Acesso em: 29 nov. 2017.

BRASIL. Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. **Institui o Sistema Nacional de Unidades de conservação da Natureza – SNUC**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm. Acesso em: 29 nov. 2017.

BRASIL. **Sudene: Delimitação do Semiárido**. 2017. Disponível em <http://sudene.gov.br/planejamento-regional/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: 03 de junho de 2018.

BRUZINGA, J.S.; OLIVEIRA, M.L.R.; MACHADO, E.L.M.; LEITE, H.G.; PEREIRA, I.M.; NOGUEIRA, G.S. Distribuição espacial de indivíduos adultos de pequi. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 98, p. 249-256, 2013.

BRUZINGA, J.S.; OLIVEIRA, M.L.R.; NOGUEIRA, G.S.; PEREIRA, I.M.; LEITE, H.G.; MACHADO, E.L.M. Métodos de amostragem para quantificar indivíduos adultos do pequi *Caryocar brasiliense* Cambess. **Ciência Rural**, v.44, n.8, p.1341-1347, 2014.

CALDEIRA JUNIOR, F.C.; ROCHA, S.L.; SANTOS, W.G.; PAULA, T.O.M.; SANTOS, A. M.; CARVALHO, P.E.R.; 2007. Ecogeografia e etnobotânica do *Caryocar brasiliense* no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Biociências** 5(1):477-479. 2007.

CAMBARDELLA, C. A. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

CAMPOS, M. C. C.; BERGAMIN, A.; CRISTIAN. Variabilidade espacial dos atributos físicos em um Argissolo Vermelho sob floresta. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus-PI, v.4, n.2, p. 168-178, 2013.

CAMPOS, M. C. C.; CARDOSO, N. P.; MARQUES JUNIOR, J. Modelos de paisagem e sua utilização em levantamentos pedológicos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 1, p. 104-114, 2006.

CARVALHO, J. R. P.; ASSAD, E. D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 377-384, 2005.

CARVALHO, M. P.; MENDONÇA, V. Z.; PEREIRA, F. C. B. L.; ARF, M. V.; KAPPES, C.; DALCHIAVON, F. C. Produtividade de madeira do eucalipto correlacionada com atributos do solo visando ao mapeamento de zonas específicas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 10, p. 1797-1803, 2012.

CERQUEIRA R, BRANT A, NASCIMENTO MT, PARDINI R 2003. **Fragmentação: alguns conceitos**. In: Rambaldi, DM, Oliveira, DAS. Fragmentação de ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Brasília: MMA/SBF, p. 23-43.

COELHO, A.M. **Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e da cultura**. In: CURTI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.249-290.

COELHO, V.H.R.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; ALMEIDA, C.N.; LIMA, E.R.V.; NETO, A.R.; MOURA, G.S.S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.64-72, 2014.

COLLARES, G.L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M; KAISER, D.R. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.11, p.1663-1674, 2006.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; FREDDI, O. S.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial da produtividade do feijoeiro correlacionada com atributos químicos de um Latossolo Vermelho distroférrico sob sistema de semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 908-916, 2011.

DEUS, T. N. de. Extração e caracterização de óleo do pequi (*Caryocar brasiliensis* Camb.) para o uso sustentável em formulações cosméticas óleo/água (O/A). 2008. 75 f. **Dissertação** (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável) – Programa de Pósgraduação Multidisciplinar, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2008.

DONAGEMMA, G. K. **Characterization, agricultural potential, and perspectives for the management of light soils in Brazil**. *Pesq Agropec Bras* 51: 1003-1020. 2016.

DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; MACHADO, A. B. M.; SEBAIO, F. A.; ANTONINI, Y. **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação**. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 222p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. rev. ampl.** – Brasília, DF: EMBRAPA Solos p. 353, 2013.

ESTEVES, C.F. 2010. **Influência antrópica na distribuição espacial da comunidade de mamíferos no Parque Estadual da Ilha Anchieta, SP**. MsC Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista – “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 161 pp.

FERNANDES, G. W.; PEDRONI, F.; SANCHEZ, M.; SCARIOT, A.; AGUIAR, L. M. S. A.; FERREIRA, G. B.; MACHADO, R.; FERREIRA, M. E.; DINIZ, S.; PINHEIRO, R.; COSTA, J. A. S.; DIRZO, R.; MUNIZ, F.; 2016. **Bioma em transformação**. Rio de Janeiro: Vertente produções artísticas, p. 80-102.

FERREIRA, E.M.; ANDRAUS, M.P.; TSAI, H.M.; CARDOSO, A.A.; LEANDRO, W.M. Área de preservação permanente em processo de revegetação com espécies arbóreas e adubos verdes. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.23, n.21, p. 243-252, 2018.

FERREIRA, G.A.; NAVES, R.V.; CHAVES, L.J.; VELOSO, V.R.S.; SOUZA, E.R.B. Produção de frutos de populações naturais de pequi no estado de Goiás. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 121-129, 2015.

FONSECA, D. S. R.; NASCIMENTO, C. R.; MIRANDA, W. A.; FIGUEIREDO, F. P.; 2011. Diagnóstico do uso do solo e degradação ambiental na bacia hidrográfica do Pandeiros-MG como subsídio para estudos de impacto ambiental. **Revista Eletrônica Georaguia**, Barra do Garças, (1)1-20.

FONSECA, L. D. M.; LANI, J. J.; FERNANDES FILHO, E. I.; MARQUES, E. A. G. M.; FERREIRA, W. P. F.; (2016). **Avaliação da erodibilidade de um Cambissolo em Juiz de Fora, Minas Gerais**. *Geotecnia*, 136(1), 143-156.

GAMMA DESIGN SOFTWARE. **GS+: Geostatistics for the Environmental Sciences**. Plainwell: Gamma Design Software, 2004.

GOMES, N. M. *et al.* Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 427-435, 2007.

GUEDES FILHO, O. Spatial and temporal variability of crop yield and Rhodic Hapludox proper-ties under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 1-14, 2010.

GUERRA, P.A.G. **Geoestatística operacional**, Brasília: Ministério das Minas e Energia - Departamento de Produção Mineral, 1988. 145p

IBGE 2010a. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Informações estatísticas de Bonito de Minas, MG. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=3108255>. Acesso em 27 nov 2017.

IBGE 2010b. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Informações estatísticas de Januária, MG. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=3135209>. Acesso em : 27 nov. 2017.

IBGE 2010c. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Informações estatísticas de Cônego Marinho, MG. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=3117836>. Acesso em: 27 nov. 2017.

IEF 2015. **Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais**. Área de Proteção Ambiental Estadual do rio Pandeiros. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/noticias/3306-nova-categoria/1769-apa-pandeiros->. Acesso em: 27 nov 2017.

IEF 2016. Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais. **Banco de dados de Unidades de Conservação Estaduais**. Disponível em:

<http://www.ief.mg.gov.br/areas-protegidas/banco-de-dados-de-unidades-de-conservacao-estaduais>. Acesso em; 27 nov. 2017.

IGAM 2014. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Relatório Anual: Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica rio Pandeiros – SF9**. Volume IB. Minas Gerais, 531 pp.

KÖPPEN, W. Klassifikation der klimare nach temperatur, niederschlag und jahreslauf. **Petermanns Geographische Mitteilungen**, v. 64, p. 193-203, 1918.

LIMA, A. *et al.* Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense*). **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 695-698, 2007.

LIMA, F. V. *et al.* Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em área de encosta sob processo de degradação. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 53–63, 2015.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3ed. Nova Odessa: Plantarum, 2000, v. 3, 52p.

METRI, M. C.; KER, J. C.; BARRÓN, V.; FONTES, M. P. F.; TORRENT, J.; CURTI, N. Caracterização de óxidos de ferro de solos do ambiente tabuleiros costeiros, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n.3, p. 1017-1031, 2008.

MIGUEL, F. R. M.; VIEIRA, S. R.; GREGO, C. R.; 2009. Variabilidade espacial da infiltração de água em solo sob pastagem em função da intensidade de pisoteio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 44(11): 1513 – 1519.

MONTANARI, R.; ZAMBIANCO, E. C.; CORRÊA, A. R.; PELLIN, D. M. P.; CARVALHO, M. P.; DALCHIAVON, F. C. atributos físicos de um Latossolo Vermelho correlacionados linear e espacialmente com a consorciação de guandu com milheto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n.1, p.407-410, 2012.

NUNES, Y.R.F.; AZEVEDO, I.F.P.; NEVES, W.V.; VELOSO, M.D.M; SOUZA, R.A.; FERNANDES, G.W. Pandeiros: O Pantanal Mineiro. **MG-Biota**, v.2, n.2, p.4-17, 2009.

OLIVEIRA, C.S.; GONÇALVES, L.E.N.; COUTINHO, M.P.; PEIXOTO, N.; GATTO, A. Aspectos socioambientais da comercialização de pequi em Goiás. **Floresta e Ambiente**, v.24, p. 1-6, 2017.

OLIVEIRA, D. P. *et al.* Microrrelevo e a distribuição frações e granulometrias em cambissolos de origem calcárea. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 676-684, 2013.

OLIVEIRA, M.E.B; GUERRA, N.B.; BARROS, L.M; ALVES, R.E. **Aspectos agrônômicos e de qualidade do pequi**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. 32p. (Documentos, n.113).

OLIVEIRA, W. L.; SCARIOT, A. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do pequi**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. 84 p.

PANAGOS, P.; BORRELLI, P.; POESEN, J.; BALLABIO, C. LUGATO, E.; MEUSBURGER, K.; MONTANARELLA, L.; ALEWELL, C. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. **Environmental Science e Policy**, v.54, p. 438-447, 2015.

PHILIPPI JÚNIOR. A.; ROMÉRO M. de A.; BRUNA G. C. O. **Uma introdução à questão ambiental**. In: PHILIPPI JÚNIOR. A.; ROMÉRO M. de A.; BRUNA G. C. (Ed.). Curso de gestão ambiental. São Paulo, SP: Manole, 2004. cap. 1, p. 3-52.

PIMENTEL GOMES, F. P.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. V.; COSTA, L. M. Physical and chemical properties of a soil under different production systems and forest in the Zona da Mata region of Minas Gerais State, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 575-585, mar./abr. 2010.

PRUSKI, F. F. (Ed.). **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2009.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; **Propriedades físicas do solo**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 18p.

RESENDE, M. *et al.* Pedologia: base para distinção de ambientes. 5. ed. Lavras, MG: UFLA, 2007.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. **As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado**. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F. (Ed.). Cerrado: Ecologia e Flora. Brasília: Embrapa Cerrados, Informações Tecnológica, 2008. p.151-212.

RIBEIRO, R. F. **Pequi o rei do cerrado**. Belo Horizonte: Rede Cerrado, 2000. p. 62.

RITCHIE, M.E. 1997. **Populations in a landscape context: sources, sinks and metapopulations**. In: JA Bissonette. Wildlife and landscape ecology: effects of pattern and scale. Nova York: Springer-Verlag, p. 160-184.

ROQUE, M.W.; MATSURA, E.E.; SOUZA, Z.M.; BIZARI, D.R. & SOUZA, A.L. **Correlação linear e espacial entre a resistência do solo ao penetrômetro e a produtividade do feijoeiro irrigado**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.1827-1835, 2008.

SALES, L. E. O.; CARNEIRO, M. A. C.; SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; FERREIRA, M. M. Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 667-674, 2010.

SANTANA, D.P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30).

SANTOS, A. J.; HILDEBRAND, E. PACHECO, C. A. P.; PIRES, P; T. L.; ROCHADELLI, R. Produtos não madeireiros: conceituação, classificação, valoração e mercados. **Revista Floresta**, v. 33, n. 2, p.215-224, 2003.

SANTOS, L. M. Erosão em taludes de corte: métodos de proteção e estabilização. (**Trabalho de Graduação Engenharia Civil**) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá. Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá. 2015. 73 p

SCARIOT, A. 2010. **Panorama da biodiversidade brasileira**. In: GANEM, R. S. Conservação da biodiversidade – legislação e políticas públicas. Brasília: Câmara dos Deputados – Edições câmara, p. 341-386.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. An analysis of variance test for normality: complete samples. **Biometrika**, v.52, n.3-4, p.591-611, 1965.

SIGUA, G. C.; HUDNALL, W. H. Kriging analysis of soil properties: Implication to landscape management and productivity improvement. **Journal of Soils and Sediments**, v.8, n.3, p.193–202, 2008.

SILVA NETO, S.P.; SANTOS, A. C.; SILVA, J. E. C. Variabilidade espacial da fertilidade de neossolo quartzarênico em função da substituição do cerrado por pastagem. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 19, n. 4, p.334-347, 2011.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, n.1, p.71-78, 2002.

SILVA, R. B. M. *et al.* Relação solo/vegetação em ambiente de cerrado sobre influência do grupo urucuia. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p.363–373, 2015.

SILVA, S. DE A.; LIMA, J. S. D. S.; SOUZA, G. S. DE. Estudo da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo húmico sob cultivo de café arábica por meio de geoestatística. **Revista Ceres**, v. 57, n.4, p.560–567, 2010.

SOARES, J.F. **Introdução à estatística médica**. Belo Horizonte, MG: COOPMED; 2002.

SOUZA, Z.M. *et al.* Dependência espacial da resistência do solo à penetração e teor de água do solo sob cultivo de cana de açúcar. **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.128-134, 2006.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Soil use and management and its impact on physical quality. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

TAVARES, U. E. Variabilidade espacial de atributos físicos e mecânicos de um Argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande. 2010.

THODE, H.C. **Testing for normality**. New York: Marcel Dekker; 2002.

TIEPPO, R. C. *et al.* **Avaliação de diferentes interpoladores na geração de mapas temáticos da produtividade de soja em agricultura de precisão**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 4., 2007, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV/CNPMS/SBEA, 2007. p. 1-4.

TRANGMAR, B. B. Applications of geostatis-tics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 38, n. 1, p. 45-94, 1985.

TREVISAN, D.P.; MOSCHINI, L.E. Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra em Paisagem no Interior do Estado de São Paulo: Subsídios para o Planejamento. **Revista Fronteiras: journal of social, technological and environmental Science**, v.4, p-16-30, 2015.

VIEIRA, V.A.S.; MELLO, C.R.; LIMA, J.M. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em uma microbacia hidrográfica. **CiênciaAgrotécnica**, v.31, p.1477-1485, 2007.

VILELA, G.G. *et al.* Variação Intra e Interpopulacional em Pequi - Caryocar brasiliense Camb. (*Caryocaraceae*). I. Carotenóides. In: FOREST'96, 1996, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Embrapa Cerrado, 1996. p.307-309.

WONG, J.L.G. **The biometrics of non-timber forest product resource assesmente: areview of current methodology.** Italy: DFID, 2000. 108p.

ZUO, X.; ZHAO, H.; ZHAO, X.; ZHANG, T.; GUO, Y.; WANG, S.; DRAKE, S. Spatial pattern and heterogeneity of soil properties in sand dunes under grazing and restoration in Horqin Sandy Land, Northern China. **Soil e Tillage Research**, v.99, n.2, p.202-212, 2008.