

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS – UFGD

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS ATRIBUTOS
QUÍMICOS DO SOLO E SUA RELAÇÃO COM A
OCORRÊNCIA DE AROEIRA VERMELHA (*Schinus
Terebinthifolius Raddi*)**

JULIA TORRES LOPES

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
SETEMBRO 2017

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS ATRIBUTOS
QUÍMICOS DO SOLO E SUA RELAÇÃO COM A
OCORRÊNCIA DE AROEIRA VERMELHA (*Schinus
Terebinthifolius Raddi*)**

JULIA TORRES LOPES
Engenheira Florestal

Orientadora: Prof. Dr. Anamari Viegas de A. Motomiya

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Mestre.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

L864d Lopes, Julia Torres.

Distribuição espacial dos atributos químicos do solo e sua relação com a ocorrência de aroeira vermelha (*Schinus Terebinthifolius* Raddi). / Julia Torres Lopes. – Dourados, MS : UFGD, 2017.

34f.

Orientadora: Prof. Dra. Anamari Viegas de A. Motomiya.

Dissertação (Mestrado Acadêmico em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Ecossistemas. 2. Geoestatística. 3. Krigagem. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

FOLHA DE APROVAÇÃO

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E SUA RELAÇÃO COM A OCORRÊNCIA DA AROEIRA VERMELHA (*Schinus Terebinthifolius Raddi*)

por

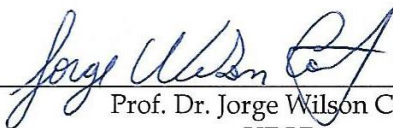
Julia Torres Lopes

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título
de MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Aprovada em: 01/09/2017



Profa. Dra. Anamari V. Araujo Motomiya
orientadora – UFGD



Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez
UFGD



Profa. Dra. Elka Élice Vasco de Miranda
UEMS

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a Deus por proporcionar mais uma conquista.
Aos meus pais, **José Roberto Lopes e Kaynára Filomena Rossi Torres Lopes**,
pelo amor e confiança que sempre depositaram em mim. Mesmo em meio às
dificuldades, nunca mediram esforços para me ajudar, sempre caminharam junto
comigo e me incentivaram nas horas difíceis.
Ao meu noivo **João Luiz Leal de Paula** por sempre me apoiar e principalmente pela
compreensão, ajuda incondicional e pelo carinho nos momentos de cansaço.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) e à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) pela oportunidade de realizar o Curso de Mestrado.

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) pelo auxílio financeiro no desenvolvimento e execução do experimento em prol da diversificação e aprimoramento da pesquisa no País.

À Profa Dra. Anamari Viegas de Araujo Motomiya por ter sido atenciosa em sua orientação e por sua dedicação e ensinamentos.

SUMÁRIO

Conteúdo	Páginas
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Solo Sob Floresta.....	4
2.2 A Aroeira Vermelha.....	5
2.3 Geoestatística.....	6
2.3.1 Variabilidade Espacial.....	7
2.3.2 Semivariância.....	7
2.3.3 Krigagem – Interpolação dos Dados.....	9
3 MATERIAL E METODOS.....	10
3.1 Caracterização da Área.....	10
3.2 Coleta das Amostras e Avaliação da Granulometria e dos Atributos Químicos.....	10
3.3 Ocorrências da Aroeira Vermelha.....	11
3.4 Análise Estatística e Geoestatística.....	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
5 CONCLUSÕES.....	25
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
7 ANEXO.....	32

LOPES, J.T.; **Distribuição espacial dos atributos químicos do solo e sua relação com a ocorrência de aroeira vermelha (*Schinus Terebinthifolius* Raddi)**. 2017. 34p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

RESUMO

As florestas são um recurso natural que exercem um importante papel na melhoria de atributos químicos, físicos e biológicos de um solo. O estudo desses atributos é essencial quando se objetiva o manejo racional, produtividade sustentável, recuperação de espécies ameaçadas e determinação de melhores condições para ecossistemas florestais. O processo de degradação do solo, embora complexo, tem como principais indicadores as modificações da fertilidade do solo (ressaltando as camadas mais superficiais), a perda de matéria orgânica, a redução de nutrientes, os processos erosivos e os distúrbios no equilíbrio hídrico. O objetivo deste trabalho foi analisar a distribuição espacial de atributos químicos em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico sob dois fragmentos de vegetação natural no Município de Aquidauana/MS e relacioná-los com a ocorrência de aroeira. O fragmento um é uma mata rodeada de pastagem e com indícios de degradação e desmatamento, já o fragmento dois é uma mata conservada, sem indícios de interferência humana. Amostras de solo foram coletadas nos dois diferentes fragmentos para análise dos atributos: Ca, Mg, K, P, Al, pH CaCl_2 , MOS, H+Al, SB, CTC, V% e granulometria. Os dados foram avaliados pela análise estatística descritiva e geoestatística. Foi realizada a interpolação de dados pelo método da krigagem ordinária para estimar valores em locais não amostrados. Nos dois fragmentos, houve diferenças entre os teores dos atributos. Observou-se que a área 1 apresentou, de forma geral, melhor qualidade do solo, com maiores valores de Ca e Mg e grau de dependência espacial moderada e fraca para os atributos, indicando que esses locais sofrem maior pressão de fatores extrínsecos como, chuva intensa e pisoteio de animais. Mesmo assim a ocorrência de aroeira não foi afetada nessa área. Pode-se concluir que a área 1 apresentou mais indivíduos de aroeira vermelha e que a mesma tem grande potencial de reflorestamento, pois não é uma espécie exigente sendo possível seu cultivo em áreas desprivilegiadas.

Palavras-chave: ecossistemas, geoestatística, krigagem.

LOPES, J.T; **Spatial distribution of the chemical attributes of the soil and its relationship with the occurrence of red aroeira (*Schinus Terebinthifolius* Raddi).** 2017. 34p. Dissertation (master's degree in agricultural engineering) College of agricultural sciences, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

ABSTRACT

Forests are a natural resource that play an important role in improving the chemical, physical and biological attributes of a soil. The study of these attributes is essential when aiming for rational management, sustainable productivity, recovery of endangered species and determination of better conditions for forest ecosystems. The evaluation of the process of soil degradation, although complex, has as main indicators changes in soil structure (highlighting the more superficial layers), loss of organic matter, nutrient reduction, erosive processes and disorders in water balance. The objective of this work was to analyze the spatial distribution of an Oxisol under two fragments of natural vegetation in the county of Aquidauana/MS and to relate them to the occurrence of red aroeira. Fragment number one is a forest surrounded by pasture and with signs of degradation and deforestation and fragment number two is a conserved forest with no consequences of human interference. Soil samples were collected in two different fragments to analyze the attributes: Ca, Mg, K, P, Al, pH_{CaCl2}, MOS, H + Al, SB, CTC, V% and granulometry. Data were evaluated by descriptive statistical analysis and geostatistics. Data interpolation was performed by the ordinary kriging method to estimate values at non-sampled sites. In both fragments there were differences between the contents of the attributes. It was observed that area 1 presented, in general, better soil quality with higher values of Ca and Mg and a moderate and weak spatial dependence degree for the attributes, indicating that these places suffered more pressure from extrinsic factors such as heavy rain and trampling of animals. Despite oh that, the occurrence of aroeira was not affected in this area. In conclusion, area 1 presented more individuals of red aroeira and it has great potential of reforestation as it is not a demanding species and its cultivation in underprivileged areas is possible.

Keywords: ecosystems, geostatistics, kriging.

1 INTRODUÇÃO

No Pantanal, os solos de florestas nativas possuem baixa fertilidade natural e a sua manutenção está intimamente ligada ao equilíbrio entre os processos biogeoquímicos do solo e a cobertura vegetal. Para o monitoramento do equilíbrio, uma vez que determinado nível de degradação pode comprometer de forma irreversível a sustentabilidade da floresta em estudo, é necessário avaliar as propriedades do solo e estimar sua qualidade (CARDOSO et al., 2009).

A ação antrópica, por exemplo, como a retirada de cobertura vegetal para a implantação de culturas, vem provocando alterações nos ecossistemas naturais, tornando o solo mais susceptível à erosão e causando o desequilíbrio entre o solo e o meio, limitando a utilização sustentável nos processos produtivos.

A interferência do homem também causa a modificação dos atributos do solo provocando, na maioria das vezes, impacto ambiental negativo. Nos ecossistemas naturais, por exemplo, a acumulação e decomposição da matéria orgânica decorrente dos processos de ciclagem de nutrientes deixam de acontecer devido à falta de integração harmoniosa entre a cobertura vegetal e os atributos do solo (SILVA et al., 2007). Um ponto de partida para o equilíbrio entre produção e preservação dos recursos é saber as reais condições do solo em questão (SATTLER, 2006).

Os nutrientes proporcionados pelo solo e o abastecimento de água dependem em geral do clima, do relevo, dos processos físicos, da matéria orgânica disponível, dos micro-organismos existentes e da qualidade química dos minerais do solo (SCHUMACHER et al., 1999).

Nas florestas, de forma geral, há uma grande melhoria dos atributos do solo. Por ser um recurso natural e estar intimamente interligada ao solo, seu estudo se torna indispensável quando se objetiva o manejo racional, produtividade sustentável e determinação de melhores condições para ecossistemas florestais (WOJCIECHOWSKI et al., 2009).

A aroeira vermelha ou aroeira pimenteira (*Schinus terebinthifolius Raddi*) possui capacidade de restaurar e recuperar alguns dos atributos químicos e físicos do solo (SOUZA et al., 2001a). Tem sua ocorrência na floresta estacional semidecidual, no cerrado e cerradão, preferindo solos calcáreos e rasos

(CARVALHO, 1994), porém, sua exploração predatória, acarretou o comprometimento de suas populações naturais.

A aroeira vermelha é uma espécie pioneira pertencente à família Anacardiaceae, nativa do Brasil e diferencia-se das demais por ser capaz de adaptar-se a distintos ambientes. Sua ocorrência vai desde Pernambuco até Rio Grande do Sul, passando por Mato Grosso do Sul em várias formações vegetais. Pode-se apresentar como arbustos rasteiros e retorcidos ou na forma de árvore com fuste desenvolvido e copa globosa (LORENZI, 2002).

De acordo com Kageyama e Gandara (2000), a aroeira ocorre desde o nível do mar até 2000 metros de altitude, em locais com precipitação anual que variam de 950 mm a 2200 mm. O Município de Aquidauana/MS possui uma precipitação média anual de 1400 mm e está a 152 m de altitude, o que favorece sua ocorrência.

A aroeira ocorre nos estágios de capoeira e floresta secundária, podendo ser encontrada também em diferentes tipos de solo: de baixa fertilidade a férteis, úmidos e secos, argilosos e arenosos e suporta inundação e encharcamento. Além disso, é uma espécie heliófita, dióica, de ampla distribuição geográfica e plasticidade ecológica (CARVALHO, 2003), o que a permite ocupar diferentes tipos de ambientes e formações vegetais além de aumentar as chances de seu cultivo em diferentes regiões do país (FLEIG e KLEIN, 1989). Em viveiros, em seu primeiro ano de vida, a aroeira-vermelha é capaz de florescer e frutificar, dando, em curto prazo, um retorno do investimento de seu cultivo (CARVALHO, 1994).

A aroeira é uma espécie florestal de grande potencial e por ser extremamente desmatada está sendo considerada uma espécie ameaçada. Para que esse quadro seja revertido são necessárias medidas que estimulem seu reflorestamento e conservação.

Para se acompanhar a dinâmica das florestas, devem-se utilizar técnicas de amostragem que sejam eficientes na sua representação atual e temporal para que se possam gerar informações precisas que subsidiem as ações de manejo ou de preservação das florestas.

De acordo com Dormann (2007), mais de 80% das publicações na literatura ecológica não consideram a estrutura de dependência espacial, ou seja, avaliam os dados somente através da estatística clássica. Os métodos estatísticos clássicos não conseguem explorar mais profundamente o comportamento dos dados e

as relações que possam existir entre as unidades amostrais e nem a distribuição espacial. Nesse sentido, metodologias que descrevem as características espacialmente contínuas na natureza têm sido propostas, como a geoestatística (ISAAKS e SRIVASTAVA, 1989; VIEIRA, 2000).

Segundo Kanegge Junior et al. (2007), essa forma de análise tem uma grande vantagem, pois é possível fazer a estimativa em locais não amostrados das variáveis estudadas, desde que elas tenham dependência espacial. Também é importante nas relações espaciais existentes entre as amostras, pois possibilita a quantificação dos erros cometidos nas avaliações (ANDRIOTTI, 2003).

O objetivo deste trabalho foi analisar a distribuição espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho Amarelo distroférico sob dois fragmentos (área 1 e área 2) de vegetação natural no Município de Aquidauana – MS, considerada zona de transição ecótono Cerrado – Pantanal e relacioná-los com a ocorrência de aroeira vermelha.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Solo Sob Floresta

Perda de matéria orgânica, redução de nutrientes, processos erosivos e distúrbios no equilíbrio hídrico, são indicadores das modificações da estrutura do solo, principalmente nas camadas superficiais, na avaliação do processo de degradação do solo (LONGO, 1999).

Em terras sob floresta, ocorre uma significativa redução da sua capacidade produtiva quando se encontram em processo de degradação gerando a fragmentação da biodiversidade (MALEUX, 1993). A cobertura vegetal das florestas e o meio influenciam diretamente em diversas atividades das propriedades químicas e físicas do solo, podendo acarretar em modificações do ecossistema. Conforme as espécies vegetais vão se desenvolvendo, ocorre uma estreita inter-relação entre os fatores que determinam a formação do solo e do ambiente dos ecossistemas, gerando uma alteração nas características da vegetação e provocando um processo natural de seleção de espécies (CLARK, 2002).

Por outro lado, a cobertura vegetal das florestas pode influenciar nos processos de formação do solo, fornecendo condições favoráveis para as atividades biológicas e, com isso, favorecendo a origem de diversos ecossistemas, possibilitando até mesmo recuperar solos degradados (WOJCIECHOWSKI et al., 2009).

A cobertura vegetal, denominada serrapilheira, é capaz de reduzir o índice de degradação do solo. A serrapilheira é uma camada de matéria orgânica, com microflora e fauna característica, em decomposição que se encontra sobre a superfície do solo mineral. É a característica mais distintiva de um solo florestal, sendo capaz de contribuir consideravelmente para a melhora das propriedades físicas e químicas do solo. Com a queda constante de resíduos das árvores, a serrapilheira torna-se uma permanente fornecedora de alimentos para a microflora e para a fauna, sendo também fonte importante de nutrientes para plantas superiores, tais como o nitrogênio, fósforo e enxofre (SCHUMACHER et al., 1999).

Segundo o mesmo autor, a retirada da cobertura vegetal das florestas, favorece a degradação e a diminuição da fertilidade, além de diminuir a infiltração de

água da superfície do solo, tornando-o mais susceptível aos impactos das gotas de chuvas, favorecendo a erosão.

O plantio de espécies nativas é importante em locais que sofrem com a degradação e também em programas de recuperação. É necessário que haja mais estudos relacionados não só a essas espécies, mas também ao uso de espécies florestais características de cada área, ou seja, adaptadas às condições edafoclimáticas locais e com possibilidades comerciais, pois facilitam o estabelecimento da vegetação e a interação com a fauna local (BARBOSA et al., 2003).

Clark et al. (1998) afirmaram que, para que seja possível saber quais espécies são adaptadas à determinados tipos de solo e que possuem condições de recuperação, é imprescindível o estudo da interação entre espécie e solo. Quando os atributos químicos, físicos e biológicos do solo (variáveis ambientais) são estudados e correlacionados em conjunto com um ecossistema, a visualização e a ordem de influência das variáveis são bem mais claras.

2.2 A Aroeira Vermelha

A aroeira vermelha ou aroeira pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi), segundo Degáspari et al. (2005), é indicada para a recuperação de áreas degradadas. É classificada como espécie pioneira e apresenta ampla distribuição geográfica (grande plasticidade ecológica). Habita em diversas formações vegetais, seu pioneirismo e agressividade permitem seu estabelecimento em habitats diversos, como a caatinga, sendo capaz de sobreviver por até seis meses sob deficiência hídrica moderada no solo. Por esses motivos e por sua facilidade de adaptação, é facilmente vista em toda faixa litorânea do país, próxima a rios, córregos e várzeas úmidas de formações secundárias e também em dunas, terrenos secos, pobres e pedregosos (LENZI e ORTH, 2004).

É uma árvore que pode atingir de 5 a 10 m (pequeno porte), tendo o caule com 30 - 60 cm de diâmetro e raiz pivotante e profunda. Seu florescimento ocorre de setembro a janeiro, suas flores são pequenas, agrupadas em inflorescência, melíferas e coloração de amarelo-pálida a branca. Sua frutificação vai de janeiro a julho (LORENZI, 2002).

Embora seja uma espécie aparentemente pouco cultivada no Brasil, possui um grande potencial para exploração e uso. A aroeira possui propriedades medicinais no combate à febre, lesões, úlceras de pele e mucosas, inflamações no útero, no sistema digestivo (gastrite, atonia gástrica, diarreia) e no sistema urinário, tendo assim grande importância medicinal (DEGÁSPARI et al., 2005).

Sua madeira pode ser utilizada para fabricação de mourões, esteios, lenha, carvão, construção rural, cercas, galpões, currais, etc. Cada vez mais tem se destacado também pelo consumo de seus frutos em forma de condimento alimentar (LORENZI, 2002).

Segundo Carvalho (1994), no campo, algumas plantas chegam a florescer e frutificar sete meses após o plantio, possibilitando um rápido retorno do investimento do cultivo, diferenciando-se da maioria das espécies arbóreas cujo retorno é em longo prazo.

Sua exploração ocorre de forma irracional, por esse motivo, o IBAMA determinou uma normatização através de portarias que colocam a aroeira numa categoria vulnerável, sendo importante seu reflorestamento e cultivo em viveiros, tais como a nº 83 de 26.09.1991 a qual proíbe o corte e exploração e a portaria nº 37 de 03.04.1992 que estabelece a lista oficial de espécies ameaçadas de extinção (BORTOLOTTO e NETO, 1998; GUERREIRO e PAOLI, 1999).

De acordo com Lenzi e Orth (2004), a espécie possui facilidade de cultivo em viveiros, pois tem elevada porcentagem de germinação e grande rusticidade. Conhecida pelo nome popular “fruto-de-sabiá”, ela é uma espécie muito procurada pela avifauna (SANCHOTENE, 1985).

Por esse motivo, a espécie não necessita de maiores cuidados para sua proliferação natural e produção de sementes, pois tem crescimento rápido e é facilmente disseminada por animais, dada a grande produção de frutos. É uma planta altamente invasiva e muito resistente e pode ser cultivada a partir de sementes ou estacas em pleno sol e em áreas degradadas (LORENZI, 2002).

2.3 Geoestatística

Quando se estuda as variáveis ambientais (atributos químicos e físicos do solo, por exemplo) em conjunto e as correlaciona com a espécie, observa-se que a

visualização e a ordem de influência dessas variáveis são mais claras (MELLONI et al., 2008).

Uma forma de se avaliar essas variáveis é utilizando a geoestatística. Essa técnica vem se destacando e sendo empregada na área de ciências do solo como alternativa para a análise e descrição da dependência espacial e temporal de atributos do solo (TRANGMAR et al., 1985).

A ideia básica da geoestatística é de que a diferença no valor de uma determinada variável em dois pontos diferentes depende da distância entre esses dois pontos. Quanto menor a distância, menor a diferença (SILVA et al., 2003).

2.3.1 Variabilidade Espacial

A variabilidade espacial das propriedades dos solos pode ser mais bem visualizada e quantificada quando métodos de análise de amostras regionalizadas são empregados. A geoestatística descreve a variabilidade a partir de correlogramas e semivariogramas, que exhibe o nível de dependência espacial da variável em estudo, bem como o alcance de cada amostragem (GUPTA et al., 1995), além das relações entre as diversas variáveis.

A dependência espacial é o quanto o resultado de uma amostra pode influenciar no resultado de outra amostra, tendo a distância como variável principal, onde as amostras mais próximas tendem a apresentar resultados mais parecidos do que quando as distâncias entre estas amostras são maiores (ISAAKS e SRIVASTAVA, 1989).

O valor entre as amostras pode apresentar uma continuidade até certa distância, onde a partir deste ponto já não apresenta dependência, e neste caso pode-se dizer que as amostras são aleatórias e que uma não exerce influência sobre a outra (GUIMARÃES, 2004).

2.3.2 Semivariância

O semivariograma é utilizado para representar a variabilidade de um atributo do solo como função de separação entre pontos amostrais. Essas técnicas podem ser empregadas para estimar parâmetros do solo em pontos não amostrados baseados em regiões amostradas (TRANGMAR et al. 1985).

O semivariograma é um gráfico da variância de medidas de amostras pareadas, como uma função da distância entre elas. Tipicamente, todos os pares de amostras possíveis são examinados e agrupados dentro de classes de distâncias (“lags”) e de direções aproximadamente iguais (DEUTSCH e JOURNAL, 1998).

Os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma são: efeito pepita (C_0) - valor da semivariância para a distância zero, que representa o componente da variação ao acaso; variância estrutural (C_1); patamar ($C_0 + C_1$) - valor da semivariância em que a curva estabiliza sobre um valor constante; e alcance (a) - distância da origem até onde o patamar atinge valores estáveis, expressando a distância além da qual as amostras não são correlacionadas (TRANGMAR et al. 1985).

Os semivariogramas, segundo Oliver (1999), geralmente são limitados, ou seja, a curva que ilustra a semivariância atinge uma assíntota conhecida como patamar. Este momento registra a amplitude da correlação ou dependência espacial dos dados. Logo, pontos separados por distâncias menores que essa faixa são espacialmente correlacionados, mas aqueles separados por distâncias maiores que o alcance são independentes entre si. Quando a curva tem uma inclinação inicial acentuada, isso mostra que os dados são espacialmente dependentes. Por sua vez, uma inclinação mais suave, para um mesmo patamar de variação, expressa uma menor dependência espacial. Quando o semivariograma não apresenta uma curva inicialmente inclinada, ele representa uma situação onde não há dependência espacial aparente nos dados e, para parâmetros que apresentam continuidade, tais como os parâmetros do solo, isto usualmente significa que a amostragem falhou na tentativa de desvendar a variação presente para aquela escala de investigação.

O efeito pepita puro é importante e indica variabilidade não explicada, podendo ser decorrente de erros de medidas ou microvariações não detectadas, considerando a distância de amostragem utilizada (CAMBARDELLA et al., 1994; PAZ et al., 1995); é necessário, portanto, menor distância entre os pontos de amostragem para se detectar a dependência.

Os semivariogramas, com seus modelos devidamente ajustados, são necessários para o processo de interpolação, no qual são estimados dados em toda a superfície, entre todos os pontos amostrados no processo de interpolação (GREGO e VIEIRA, 2005).

Para as curvas de semivariância, Isaaks e Srivastava (1989) dizem que mais importante que a normalidade dos dados é os semivariogramas apresentarem patamares bem definidos e, que a distribuição não apresente caudas muito alongadas, para não comprometer as estimativas da krigagem.

2.3.3 Krigagem – Interpolação dos Dados

O estimador espacial denominado de krigagem tem como base os dados amostrados da variável regionalizada e as propriedades estruturais do semivariograma obtido a partir destes dados. Krigagem é um método de inferência espacial, o qual estima dados em pontos não amostrados a partir de pontos amostrados, considerando a estrutura de dependência espacial do fenômeno.

Conforme Corá e Beraldo (2006), a krigagem é considerada o método que proporciona maior confiabilidade na estimativa de valores em pontos sem amostragem e, conseqüentemente, maior precisão na elaboração de mapas e de acordo com Isaak e Srivastava (1989), existem vários tipos de krigagem: krigagem pontual, ordinária, universal, de blocos e outras.

3 MATERIAL E METODOS

3.1 Caracterização da Área

Os dados foram coletados em 2015 em uma propriedade rural localizada no município de Aquidauana – MS, nas coordenadas 20°22'54,80"S 55°41'30,39"W. O solo da região é caracterizado como Latossolo Vermelho Amarelo distroférico e o clima é do tipo Aw (tropical úmido), segundo Köppen-Geiger, com precipitação média anual de 1200 mm a 1400 mm e temperaturas médias máxima e mínima de 33 °C e 19 °C respectivamente (PEEL et al., 2007).

3.2 Coleta das Amostras e Avaliação da Granulometria e dos Atributos Químicos

As amostras de solo foram coletadas em uma área de mata nativa, com aproximadamente 25 ha, sendo dividida em dois fragmentos. Os pontos foram coletados na densidade de uma amostra composta a cada 50 m (0,4 ha) totalizando 100 pontos amostrais. Os pontos de 0 a 50 corresponderam à área 1 e de 51 a 100 corresponderam à área 2. Os pontos amostrais foram georreferenciados com auxílio de um receptor de navegação por satélite da marca GARMIN.

As amostras simples foram coletadas na profundidade de 0,00-0,20 m, sendo que a amostra composta foi formada por nove (9) sub-amostras tomadas aleatoriamente num raio de 20 m ao redor de cada ponto amostral para a avaliação da granulometria e dos seguintes atributos químicos do solo: pH em CaCl₂, Matéria Orgânica do Solo (MOS), Cátions trocáveis (Ca, Mg, K) além do Al, Soma de bases, CTC, fósforo disponível, % saturação de alumínio e % saturação de bases, conforme métodos descritos por Donagemma et al. (2011).

A área 1 é rodeada por pastagem e sofreu uma maior alteração humana, possui menor cobertura vegetal e densidade de vegetação em geral.

A área 2 é rodeada de vegetação nativa, não sofreu alterações antrópicas e possui maior cobertura de serrapilheira e vegetação mais densa.

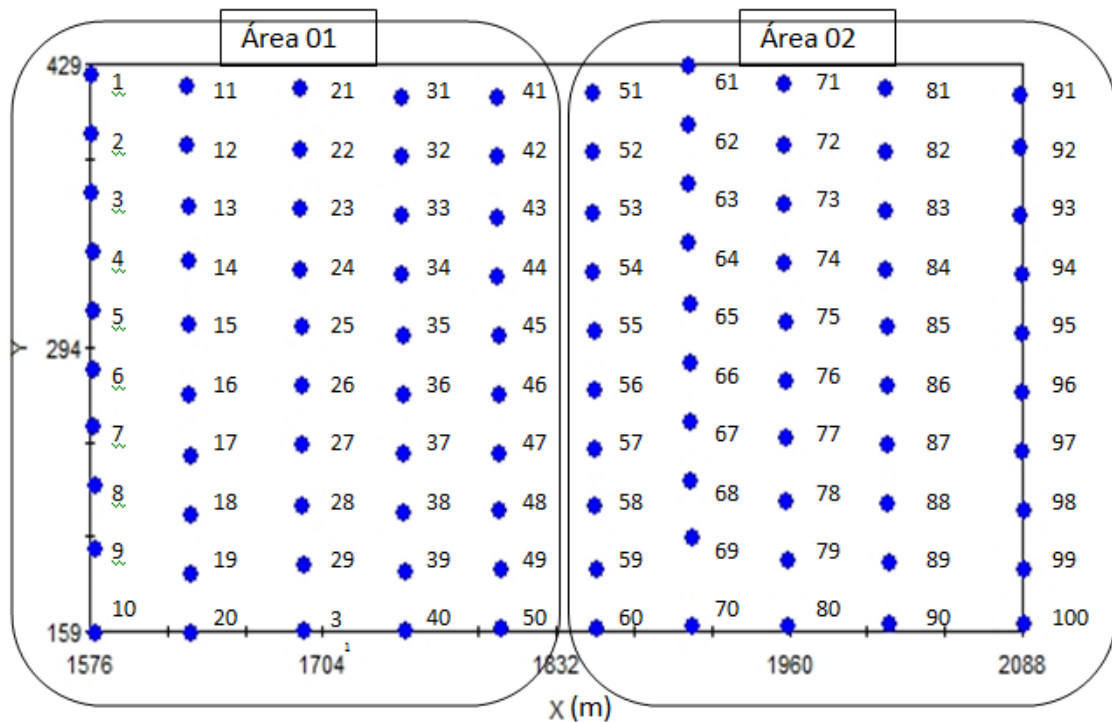


Figura 1 Grade amostral dos pontos coletados

3.3 Ocorrências da Aroeira Vermelha

Para a verificação da ocorrência de aroeira vermelha, em cada ponto de coleta de amostra de solo, foi avaliada, num raio de 20 m, a quantidade de indivíduos presentes na área. Posterior à análise do solo, relacionou-se a ocorrência da aroeira com os atributos do solo.

3.4 Análise Estatística e Geoestatística

Os dados coletados foram avaliados pela análise estatística descritiva com o auxílio do programa GS+ (ROBERTSON, 1998), para determinação das medidas estatísticas: média, desvio padrão, variância, valores máximos e mínimos, coeficientes de assimetria e curtose, coeficiente de variação (CV) e distribuição de frequência dos dados.

A geoestatística foi utilizada para verificar a existência e quantificar o grau de dependência espacial dos valores dos atributos físicos e químicos e dos indivíduos de aroeira vermelha. Na seleção dos modelos dos semivariogramas, foram considerados os valores de R^2 (coeficiente de determinação do modelo) e SQR (soma dos quadrados dos resíduos). A análise de dependência espacial foi realizada por

meio do ajuste dos dados ao modelo de semivariograma experimental, de acordo com a teoria das variáveis regionalizadas (TVR), utilizando-se o programa GS+ (ROBERTSON, 1998), determinando-se os coeficientes de efeito pepita (C_0), variância estrutural (C_1), patamar ($C_0 + C_1$) e alcance (a), a partir destes valores foi calculado o grau de dependência espacial.

Para análise do grau de dependência espacial (GDE), foi utilizada a relação $C_1 / (C_0 + C_1)$ e os intervalos propostos por Zimback (2001) que considera: dependência espacial fraca ($GDE < 25\%$); moderada ($25\% \leq GDE < 75\%$) e forte ($GDE \geq 75\%$). A distância a partir da qual o valor da semivariância se torna aproximadamente constante é chamada de alcance da dependência espacial (A).

Os semivariogramas ajustados foram utilizados para estimar os valores em locais não amostrados (GOOVAERTS, 1997), utilizando-se o interpolador de krigagem. A krigagem usa a dependência espacial entre amostras vizinhas, expressa no semivariograma, para estimar valores em qualquer posição dentro do campo, sem tendência e com variância mínima (VIEIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que os valores da média e da mediana para os atributos pH CaCl₂, K, Ca, Mg, H+Al, SB, CTC, V%, MO, areia, silte e argila estão próximos (Quadro 1), indicando que estes dados seguem uma distribuição simétrica. Segundo Cambardella et al. (1994), os valores da média sendo próximos daqueles da mediana é um indicativo de que as medidas de tendência central são dominadas por valores típicos na distribuição. Para o P e Al, os valores se distanciaram aumentando também o CV% e indicando que não são simétricos. O pH do solo na área 1 apresentou valores que variaram de 3,76 a 6,16, podendo ser classificada como acidez fraca a elevada (ALVAREZ et al., 1999).

Quadro 1. Resultados da análise estatística descritiva para os atributos químicos e granulometria do solo na profundidade de 0,0-0,20 m da área 1.

Variáveis	\bar{X}	\tilde{X}	S	Máx	Mín	Ass	Cur	CV(%)
pH CaCl ₂	4,76	4,73	0,57	6,16	3,76	0,37	-0,28	11,93
P (mg dm ⁻³)	12,54	8,97	11,43	50,58	1,40	1,65	2,36	91,12
K (cmol _c dm ⁻³)	0,40	0,36	0,14	0,98	0,20	1,91	4,65	35,65
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,12	0,00	0,24	0,72	0,00	1,55	0,63	195,59
Ca (cmol _c dm ⁻³)	4,26	4,07	1,58	8,42	1,28	0,31	0,28	37,18
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,66	1,62	0,50	2,70	0,53	-0,11	-0,04	29,79
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	1,95	1,79	0,71	4,21	1,13	1,57	2,23	36,59
SB (cmol _c dm ⁻³)	6,32	6,40	1,91	10,63	2,04	-0,18	-0,40	30,24
CTC (cmol _c dm ⁻³)	8,27	8,35	1,95	12,27	4,64	-0,08	-0,90	23,85
V%	75,35	77,27	10,16	87,29	38,49	-1,55	2,44	13,48
MO (g dm ⁻³)	9,44	9,0	0,71	10,80	7,90	-0,21	-0,64	7,55
Granulometria								
Areia (g kg ⁻¹)	702,8	709,1	82,25	806,86	537,95	-0,54	-0,29	11,70
Silte (g kg ⁻¹)	162,7	163,3	88,06	326,37	49,89	0,37	-0,76	54,12
Argila (g kg ⁻¹)	134,4	133,1	12,64	159,72	119,09	0,38	-1,04	9,40

N= número de observações; CV= coeficiente de variação; \bar{X} = média dos dados, \tilde{X} = Mediana, S= Desvio Padrão, Min = valores Mínimos, Max = Valores Máximos, Ass = coeficiente de assimetria, Curt = coeficiente de Curtose.

De acordo com Warrick e Nielsen (1980), para fins de comparação, a classificação da variabilidade dos atributos analisados, são: CV < 12 %, 12 % < CV < 60 % e CV > 60 %, considerados de baixa, média e alta variabilidade, respectivamente.

O maior coeficiente de variação (CV) foi encontrado para o Al (195,59%). Esse efeito se deve à grande variação dos teores desse elemento na área amostrada. Tal valor enfatiza a importância de se estudar cada ponto como uma área

heterogênea, pois se for utilizada somente sua média, pode acarretar a toxidez das plantas.

Valores teóricos de assimetria e curtose indicam a normalidade dos dados (Quadro 1). A estimação por krigagem apresenta melhores resultados quando a normalidade dos dados é satisfeita (PAZ-GONZALEZ et al., 2001).

A assimetria e a curtose apresentaram valores negativos e positivos distantes do valor zero para todas as variáveis. Campos et al. (2013 a, b) ao estudarem uma área de agrofloresta na região sul do Amazonas, também observaram valores distantes de zero em assimetria e curtose. No entanto, Guimarães et al. (2010) afirmaram que tal fato não caracteriza afastamento expressivo da normalidade, somente mostra que, na natureza, não são encontradas distribuições que sejam absolutamente normais.

O coeficiente de curtose representa a dispersão ou achatamento da distribuição em relação a um padrão, geralmente a curva normal. Se a Curtose = 0, a distribuição é mesocúrtica; se a Curtose < 0, a distribuição é platicúrtica; e se a Curtose > 0, a distribuição é leptocúrtica (SILVA et al., 2010). Neste estudo, as variáveis P, K, Al, Ca, H+Al e V% apresentaram distribuição leptocúrtica, e as variáveis, pH CaCl₂, Mg, SB, CTC, MO, areia, silte e argila apresentaram distribuição platicúrtica.

Na área 2 (Quadro 2), os baixos teores de nutrientes podem ser atribuídos ao fato de que, nesse ambiente, grande parte dos nutrientes está alocada na vegetação, além da pobreza química do Latossolo (RESENDE e RESENDE, 1996; SANTOS et al., 2007; PORTUGAL et al., 2008).

Observa-se que os valores da média e da mediana para os atributos pH CaCl₂, K, SB, CTC, MO e argila estão próximos (Quadro 2), indicando que estes dados seguem uma distribuição simétrica.

O pH do solo, na área 2, apresentou valores de 2,45 a 5,30, podendo ser classificada como acidez elevada (ALVAREZ et al., 1999). Geralmente em solos com pH com média inferior a 5,0, o alumínio está presente em quantidades elevadas, o que pode causar toxidez às árvores e também interferir na absorção de nutrientes essenciais ao crescimento das árvores (BELLOTE e NEVES, 2001).

Solos do Brasil são mais velhos e intemperizados, e, portanto, são mais ácidos que solos jovens. Apesar da elevada acidez de solos sob floresta (pH < 5,0),

sua produtividade é superior quando em confronto com florestas de regiões mais frias (ex.: florestas francesas e alemãs) e com solos menos ácidos.

Quadro 2. Resultados da análise estatística descritiva para os atributos químicos e granulometria do solo na profundidade de 0,0-0,20 m da área 2.

Váriaveis	\bar{X}	\tilde{X}	S	Máx	Mín	Ass	Cur	CV(%)
pH CaCl ₂	3,44	3,46	0,72	5,30	2,45	0,35	-0,77	20,85
P (mg dm ⁻³)	14,91	11,18	11,70	50,63	3,48	1,57	1,59	78,49
K (cmol _c dm ⁻³)	0,16	0,15	0,09	0,41	0,03	0,64	-0,22	56,23
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,58	0,36	0,55	1,80	0,00	0,47	-1,21	94,94
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,01	1,92	1,74	6,40	0,14	0,65	-0,48	86,81
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,91	0,79	0,71	2,09	0,08	0,20	-1,50	77,87
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	5,42	4,21	2,91	18,41	2,93	2,29	6,40	53,72
SB (cmol _c dm ⁻³)	3,08	3,12	2,45	8,23	0,26	0,35	-1,11	79,62
CTC (cmol _c dm ⁻³)	8,51	8,30	2,45	18,70	4,16	1,27	4,27	28,82
V%	35,25	38,96	24,65	69,19	1,54	-0,11	-1,70	69,92
MO (g dm ⁻³)	11,19	11,35	1,28	13,50	9,00	0,25	-1,14	11,43
Granulometria								
Areia (g kg ⁻¹)	714,6	758,77	117,60	813,54	486,70	-1,25	-0,05	16,46
Silte (g kg ⁻¹)	153,5	126,14	138,33	413,71	7,12	1,14	-0,12	90,13
Argila (g kg ⁻¹)	131,9	132,79	28,10	184,31	94,7	0,35	-0,77	21,29

N= número de observações; CV= coeficiente de variação; \bar{X} = média dos dados, \tilde{X} = Mediana, S= Desvio Padrão, Min = valores Mínimos, Max = Valores Máximos, Ass = coeficiente de assimetria, Curt = coeficiente de Curtose.

As espécies de árvores brasileiras desenvolveram uma série de mecanismos de adaptação a um ambiente ácido, com solo pobre em nutrientes e grande quantidade de alumínio (Al) ou manganês (Mn). A matéria orgânica do solo pode-se constituir em uma importante fonte de acidez nos solos tropicais, principalmente nos ambientes caracterizados por formação de serrapilheira acumulada (CANELLAS et al., 2003).

O maior coeficiente de variação (CV) foi encontrado para o Al (94,94%). Valores altos também foram encontrados para P (78,49), Ca (86,81), Mg (77,81), SB (79,62), V% (69,92) e Silte (90,13). Para assimetria foi encontrado valores negativos e positivos distantes do valor central zero. Para curtose, o pH CaCl₂, K, Al, Ca, Mg, SB, V%, MO, areia, silte e argila foram menores do que zero (platicúrtica) e P, H + Al e CTC foram maiores que zero (leptocúrtica).

Em áreas com vegetação nativa há maior integração entre a cobertura vegetal e os atributos do solo, uma vez que ocorre decomposição contínua do material orgânico, associada às menores perdas de nutrientes. Desta maneira e se considerando os processos de formação do solo que atuam ao longo do tempo,

observa-se variabilidade dos atributos químicos do solo em detrimento do acúmulo preferencial de serrapilheira em determinadas superfícies, seguido pela decomposição e liberação de nutrientes (CARRERA et al., 2009).

No Quadro 3, encontram-se os resultados da análise geoestatística e os modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas ajustados aos dados dos atributos químicos do solo. Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de semivariância são definidos os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma (efeito pepita, C_0 ; variância estrutural, C_1 ; patamar, $C_0 + C_1$; e alcance) (TRANGMAR et al., 1985).

Quadro 3. Modelos e Parâmetros estimados dos semivariogramas ajustados aos dados dos atributos químicos do solo na profundidade de 0,0-0,20 m da área 1.

Atributos	Modelo	C_0	$C_0 + C_1$	A_0	R^2	SQR	GDE
pH CaCl_2	Exp.	0,14	0,2848	50,90	0,83	7,336E-04	Mod.
P (mg dm^{-3})	Exp.	9,12	31,54	46,10	0,93	5,66	Mod.
K ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	Esférico	0,002	0,01	83,80	0,96	3,84E-07	Forte
Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	Linear	0,06	0,06	290,35	0,42	3,13E-04	P.P
Ca ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	Exp.	0,48	1,66	15,90	0,54	0,025	Mod.
Mg ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	Exp.	0,03	0,11	29,90	0,95	3,52E-05	Mod.
H+Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	Esférico	0,07	0,20	324,00	0,95	4,80E-04	Mod.
SB ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	Exp.	0,82	2,44	23,90	0,69	0,068	Mod.
CTC ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	Esférico	0,78	3,19	54,70	0,89	0,052	Forte
V%	Exp.	10,98	21,97	100,8	0,84	5,63	Mod.
MO (g dm^{-3})	Linear	0,55	0,55	201,88	0,09	0,23	P.P

C_0 = Efeito Pepita; $C_0 + C_1$ = Patamar; A_0 = Alcance; R^2 = Coeficiente de Determinação; SQR = Soma do Quadrado do Resíduo; GDE = Grau de Dependência Espacial. Exp. = exponencial; Mod. = Moderado; P.P. = Pepita puro.

Na área 1, os atributos apresentaram grau de dependência espacial moderada (pH CaCl_2 , P, Ca, Mg, H+Al, SB e V%) e forte (K e CTC) de acordo com Zimback (2001). Foi constatado que o Al e MO apresentaram efeito pepita puro, portanto, não apresentaram dependência espacial na área. A variabilidade dessas variáveis pode ser considerada como aleatória e seria necessário um espaçamento menor na grade de amostragem para detectar a dependência espacial (CAMBARDELLA et al., 1994).

Souza et al. (2009) afirmaram que uma das principais utilizações dos semivariogramas é na determinação do número ideal de amostras para a estimação das características do solo.

O alcance é uma medida importante no planejamento e na avaliação experimental, já que pode auxiliar na definição de procedimento de amostragem

(MCBRATNEY e WEBSTER, 1986). O semivariograma da variável H+Al foi o que apresentou maior valor de alcance em relação às demais variáveis avaliadas. O alcance de um atributo garante que todos os vizinhos dentro de um círculo com determinado raio são tão similares que podem ser usados para estimar valores para qualquer ponto entre eles (ZANÃO JÚNIOR et al., 2010). O menor valor de alcance foi de 15,90 m para o Ca.

Atributos que apresentam maior alcance de dependência espacial tendem a se apresentar mais homogêneos espacialmente. Por outro lado, baixos valores de alcance podem influir negativamente na qualidade das estimativas, uma vez que poucos pontos são usados para realização da interpolação (CORÁ e BERALDO, 2006).

Verificou-se que na área 2 (Quadro 4), os atributos apresentaram grau de dependência espacial moderada e forte. O grau de dependência espacial (GDE) dos atributos do solo apresentou-se moderada para Mg e CTC e forte para pH CaCl₂, K, Al, Ca, H+Al, SB, V% e MOS.

Quadro 4. Modelos e Parâmetros estimados dos semivariogramas ajustados aos dados dos atributos químicos do solo na profundidade de 0,0-0,20 m da área 2.

Atributos	Modelo	C _o	C _o + C	A _o	R ²	SQR	GDE
pH CaCl ₂	Esf.	0,001	0,77	363,60	0,95	0,06	Forte
P (mg dm ⁻³)	Esf.	0,10	138,80	69,50	0,53	9608	Forte
K (cmol _c dm ⁻³)	Esf.	0,00	0,02	435,60	0,99	4,04E-06	Forte
Al (cmol _c dm ⁻³)	Esf.	0,001	0,49	403,00	0,97	5,03E-03	Forte
Ca (cmol _c dm ⁻³)	Esf.	0,01	5,03	428,90	0,97	0,93	Forte
Mg (cmol _c dm ⁻³)	Exp.	0,13	0,27	150,80	0,93	4,74E-04	Mod.
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	Esf.	0,84	8,08	319,50	0,98	0,81	Forte
SB (cmol _c dm ⁻³)	Esf.	0,01	11,6	398,40	0,97	4,25	Forte
CTC (cmol _c dm ⁻³)	Esf.	2,04	7,38	810,90	0,87	1,62	Mod.
V%	Esf.	1,00	1214,0	405,80	0,97	47117,0	Forte
MO (g dm ⁻³)	Exp.	0,83	4,67	475,00	0,47	4,47	Forte

C_o= Efeito Pepita; C_o + C= Patamar; A_o= Alcance; R² = Coeficiente de Determinação; SQR= Soma do Quadrado do Resíduo; GDE = Grau de Dependência Espacial. Exp. = exponencial; Mod.= Moderado; P.P.= Pepita puro.

Usualmente, a forte dependência espacial dos atributos do solo é atribuída aos fatores intrínsecos (CAMBARDELLA et al., 1994). Portanto, a forte dependência espacial detectada para os atributos químicos em estudo pode ser decorrente dos fatores de formação do solo, principalmente o material de origem e relevo, enquanto que a dependência espacial moderada seria devido à homogeneização do solo. A área 1 apresentou grau de dependência forte apenas para

K e CTC, indicando que essa área pode estar sofrendo maior pressão de fatores extrínsecos, possivelmente em razão da sua maior exposição em relação à área 2.

O semivariograma da variável CTC apresentou um maior valor de alcance em relação às demais variáveis avaliadas. No Quadro 4 pode-se observar também, que há a predominância do modelo esférico. No ajuste esférico todos os pontos pertencentes a um círculo com o raio igual ao alcance são similares a ponto de poder ser utilizados para estimar valores para qualquer ponto entre eles (MACHADO et al., 2007). O modelo matemático esférico é o que predomina nos trabalhos em ciência do solo (VIEIRA, 1997; SOUZA et al., 2001b; CARVALHO et al., 2002).

A partir dos ajustes dos semivariogramas foi possível construir os mapas de krigagem (Figura 4, 5, 6, 7, 8, 9, 1, 11, 12 e 13), permitindo definir zonas específicas da fertilidade do solo. Nesses mapas pode-se visualizar na área amostrada a variabilidade espacial de todos os atributos avaliados.

O conhecimento da variabilidade espacial pode ser aplicado à concepção de um sistema de amostragem adequado para as futuras remediações dos povoamentos florestais nos inventários em múltiplas ocasiões, considerando a estratificação da floresta em subpopulações homogêneas da variável de interesse e a alocação de unidades amostrais em intensidades ideais para a obtenção de estimativas precisas e a custos reduzidos. (PELLISSARI et al., 2014).

Considerando a vegetação existente, a área 2 apresentou-se mais densa e intacta, além de possuir maior camada de cobertura vegetal, o que pode ser justificado por ser mais afastada de alterações e pelo fato de pertencer à solos do Pantanal, cujas florestas nativas estão estabelecidas em solos de baixa fertilidade natural e têm sua manutenção fortemente associada ao equilíbrio entre a cobertura vegetal e os processos biogeoquímicos do solo (CARDOSO et al., 2009).

No entanto a área 1, apesar de ser próxima à interferências antrópicas, apresentou melhor qualidade do solo. Ao pesquisar as modificações causadas nas propriedades do solo ao implantar pastagem no cerrado, Longo (1999) verificou que ocorre alterações em algumas propriedades e características, principalmente nos atributos físicos do solo, confirmando que a área 1 não sofreu alterações significativas em suas propriedades químicas por estar próxima à área de pastagem. Portanto, quando se estuda o solo é nítida a importância da avaliação das propriedades do solo para poder calcular a sua qualidade e monitorar sua conservação.

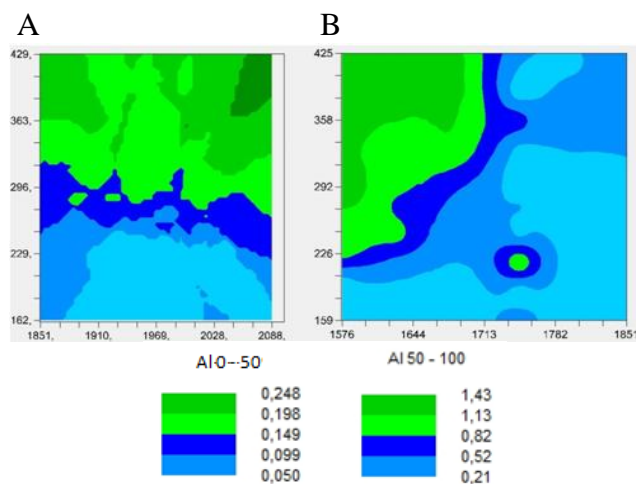


Figura 4. Distribuição espacial dos teores de Alumínio no solo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) em duas áreas de vegetação nativa em Aquidauana/MS. (A) Área 1; (B) Área 2.

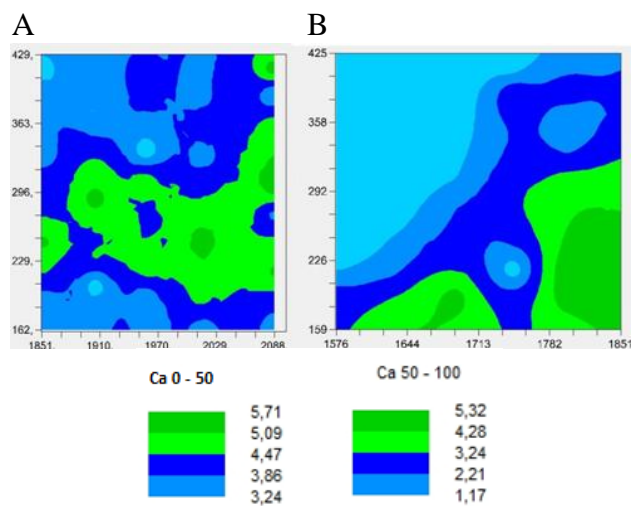


Figura 5. Distribuição espacial dos teores de Cálcio no solo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) em duas áreas de vegetação nativa em Aquidauana/MS. (A) Área 1; (B) Área 2.

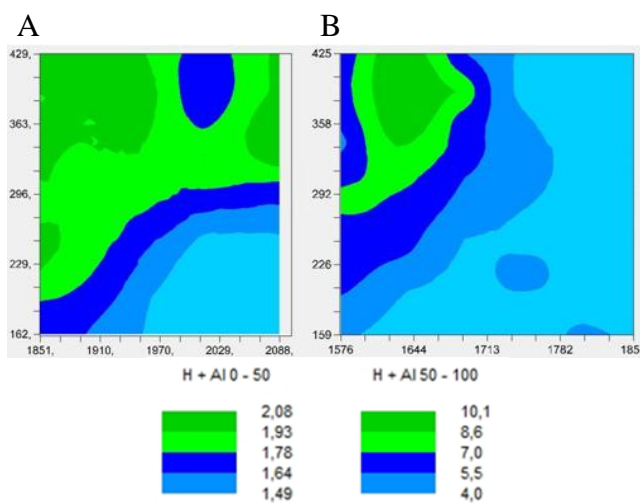


Figura 6. Distribuição espacial dos teores de H+Al no solo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) em duas áreas de vegetação nativa em Aquidauana/MS. (A) Área 1; (B) Área 2.

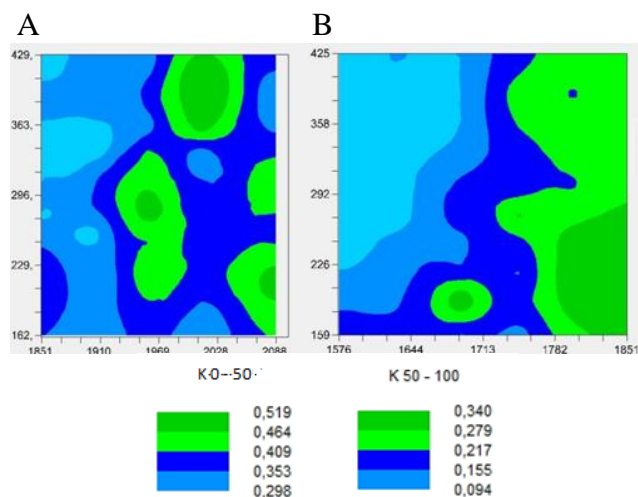


Figura 7. Distribuição espacial dos teores de Potássio no solo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) em duas áreas de vegetação nativa em Aquidauana/MS. (A) Área 1; (B) Área 2.

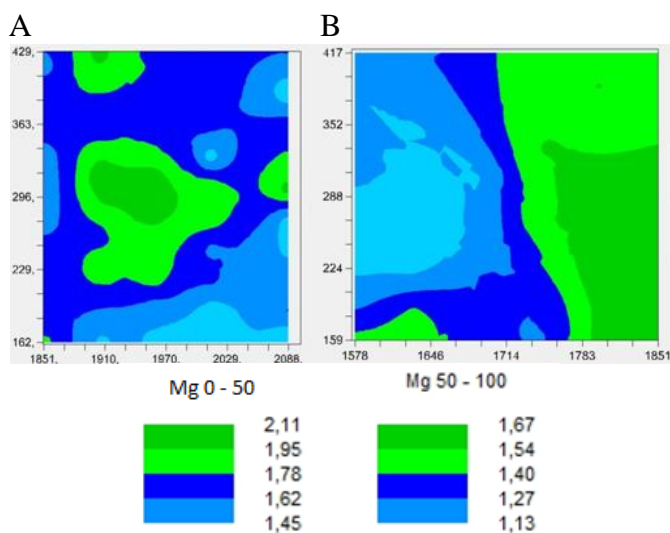


Figura 8. Distribuição espacial dos teores de Magnésio no solo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) em duas áreas de vegetação nativa em Aquidauana/MS. (A) Área 1; (B) Área 2.

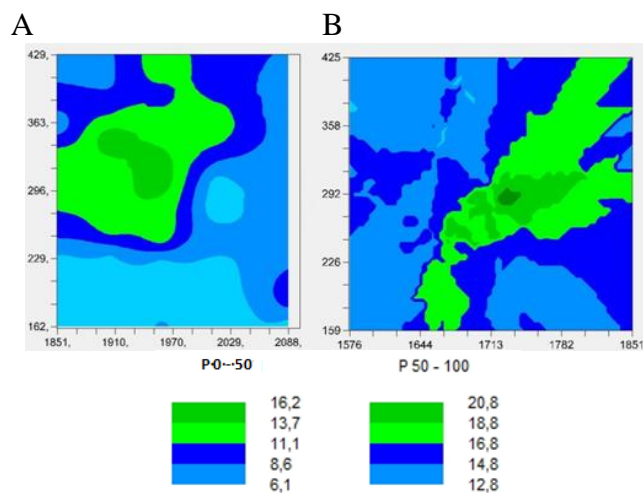


Figura 9. Distribuição espacial dos teores de Fósforo no solo (mg/dm^3) em duas áreas de vegetação nativa em Aquidauana/MS. (A) Área 1; (B) Área 2.

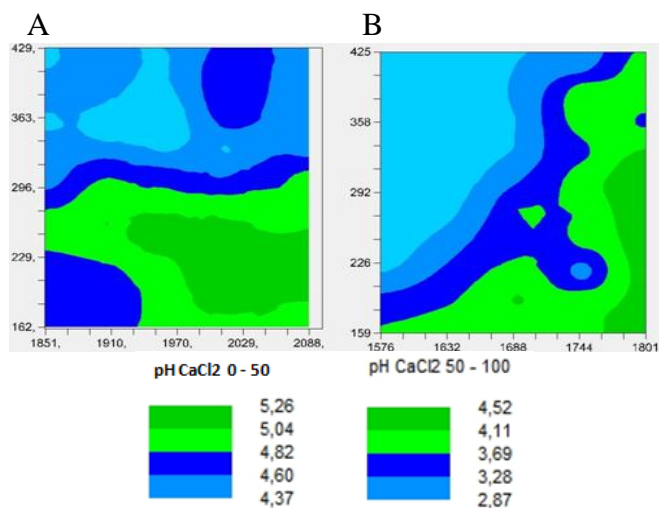


Figura 10. Distribuição espacial dos teores de pH CaCl₂ no solo em duas áreas de vegetação nativa em Aquidauana/MS. (A) Área 1; (B) Área 2.

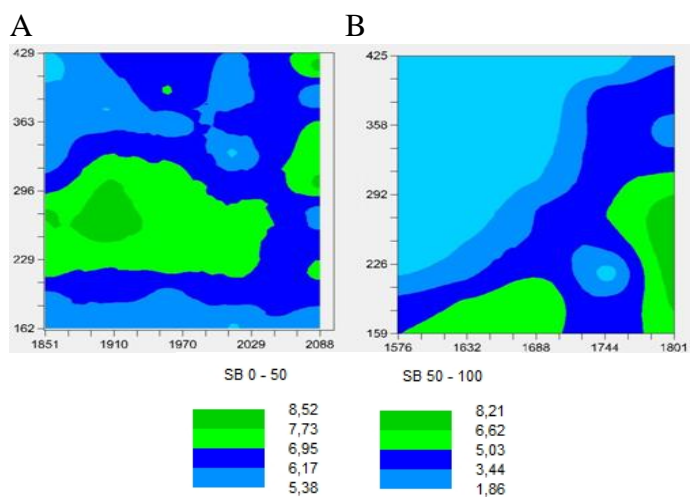


Figura 11. Distribuição espacial dos teores de Soma de Bases no solo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) em duas áreas de vegetação nativa em Aquidauana/MS. (A) Área 1; (B) Área 2.

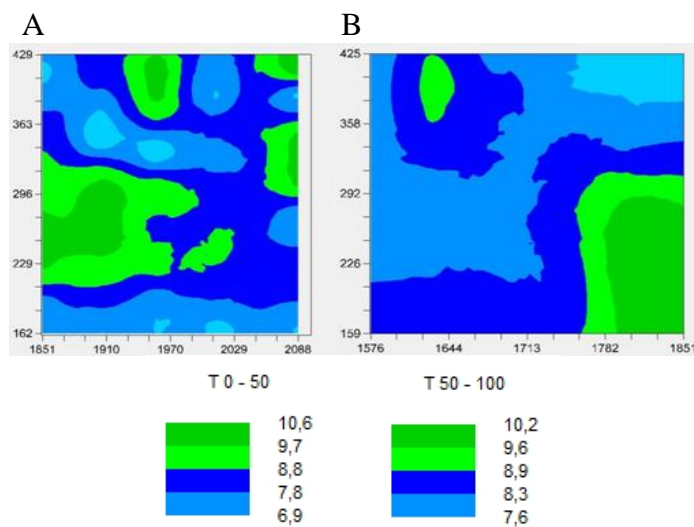


Figura 12. Distribuição espacial dos teores de CTC no solo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) em duas áreas de vegetação nativa em Aquidauana/MS. (A) Área 1; (B) Área 2.

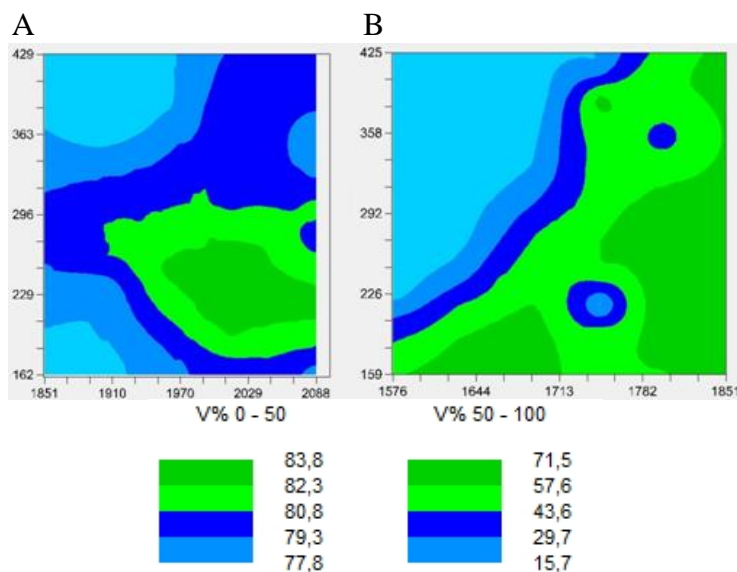


Figura 13. Distribuição espacial dos teores de V% no solo em duas áreas de vegetação nativa em Aquidauana/MS. (A) Área 1; (B) Área 2.

O Quadro 5 mostra a distribuição e ocorrência de aroeira em cada ponto amostrado. Pôde-se observar que o ponto 60, localizado na área 2, obteve o maior número de indivíduos. Neste ponto encontrou-se um V% de 51,40%. Na área 1, obteve-se um total de 54 indivíduos de aroeira vermelha e V% 75,3% (Quadro 1), já na área 2, sua ocorrência foi de 42 indivíduos e V% de 35,0% (Quadro 2). Além disso, o fragmento 1 possui maiores teores de cálcio ($4,26 \text{ cmol dm}^{-3}$) e magnésio ($1,66 \text{ cmol dm}^{-3}$), o que indica que, apesar de tolerar solos de baixa fertilidade, o desenvolvimento e manutenção das árvores de aroeira é melhor nos solos com maior saturação por bases, e de melhor fertilidade natural. Ainda pode-se salientar que é possível que se cultive a espécie em diferentes áreas, facilitando práticas de reflorestamento.

Tais resultados corroboram com Carvalho et al., (2003), que relatam a ocorrência em áreas onde se encontra rocha calcítica, sendo este um componente importante na presença da espécie na região. Carvalho (1994) afirmou que a distribuição ecogeográfica da aroeira ocorre em solos com alto teor de cálcio.

Outro fator que pode ter favorecido a maior ocorrência da aroeira vermelha na área 1 é o maior espaçamento entre árvores, diminuindo a concorrência entre espécies e permitindo uma maior disseminação e desenvolvimento da espécie além de permitir uma maior incidência de raios solares.

A aroeira-vermelha é uma espécie heliófita (LORENZI, 2002), ou seja, prefere locais com exposição solar. Nas florestas, são heliófitas as plantas que

conseguem atingir o nível superior das copas ou que se desenvolvem melhor nessa condição o que provavelmente favoreceu sua maior ocorrência na área 1.

Quadro 5. Número de indivíduos de aroeira vermelha em cada ponto georreferenciado correspondentes à área 1.

Ponto	Nº de indiv.	Ponto	Nº de indiv.	Ponto	Nº de indiv.	Ponto	Nº de indiv.	Ponto	Nº de indiv.
1	5	11	3	21	2	31	0	41	0
2	0	12	0	22	0	32	0	42	0
3	0	13	1	23	1	33	0	43	2
4	0	14	0	24	1	34	0	44	3
5	0	15	1	25	1	35	0	45	2
6	0	16	4	26	2	36	1	46	0
7	4	17	1	27	1	37	1	47	1
8	1	18	1	28	1	38	2	48	0
9	2	19	0	29	1	39	0	49	0
10	1	20	1	30	2	40	0	50	0

Quadro 5. Número de indivíduos de aroeira vermelha em cada ponto georreferenciado correspondentes à área 2.

Ponto	Nº de indiv.	Ponto	Nº de indiv.	Ponto	Nº de indiv.	Ponto	Nº de indiv.	Ponto	Nº de indiv.
51	0	61	3	71	0	81	0	91	4
52	3	62	0	72	1	82	0	92	0
53	4	63	1	73	0	83	2	93	1
54	0	64	0	74	1	84	5	94	0
55	0	65	0	75	0	85	5	95	1
56	0	66	0	76	0	86	0	96	0
57	2	67	0	77	0	87	0	97	0
58	0	68	0	78	0	88	0	98	0
59	0	69	0	79	0	89	0	99	0
60	6	70	0	80	0	90	0	100	0

Kageyama e Gandara (2000) afirmaram que pelo fato de a aroeira vermelha ser pioneira, ter uma agressividade competitiva, tolerância higromórfica e boa interação biótica, possibilita o seu sucesso em ambientes com alterações antrópicas e fortemente edáficos. Com isso, ela pode ser caracterizada como uma espécie pioneira e secundário inicial, podendo ser uma bioindicadora do caráter edáfico dos ambientes naturais ou antropizados (FERRETI et al. 1995).

Foi possível observar também que áreas onde predominaram cipozais/tabocas, áreas de buritizais e áreas rochosas sua ocorrência foi nula. Isso pode ser explicado porque o controle de cipós e gramíneas proporciona condições para que a

espécie em regeneração se desenvolva livremente. Por isso, em sistemas de restauração de áreas alteradas, uma das práticas recomendadas é o controle das populações em desequilíbrio de cipós e gramíneas (GANDOLFI e RODRIGUES, 1996).

5 CONCLUSÕES

As alterações antrópicas na área 01, com menor cobertura vegetal provocou redução do grau de dependência espacial de todos os atributos analisados. Nesta área, não foi possível detectar dependência espacial para o Al e MOS. Na área 02, com exceção do Mg e CTC, os atributos apresentaram forte dependência espacial e maiores valores de alcance.

Por outro lado, a área 01 apresentou melhor fertilidade natural do que a área 02, bem como maior ocorrência de indivíduos de aroeira o que indica que, apesar de tolerar solos de baixa fertilidade, o desenvolvimento e manutenção das árvores de aroeira é melhor em solos com maior teor de Ca, maior saturação por bases, e de melhor fertilidade natural.

O maior espaçamento entre árvores na área 01 também permitiu uma maior incidência de raios solares, diminuindo a concorrência entre espécies e permitindo uma maior disseminação e desenvolvimento das árvores.

Em áreas onde se observou a presença de cipozais/ tabocas, áreas de buritizais e áreas rochosas, a ocorrência de aroeira foi nula, sendo necessário seu controle em plantios comerciais.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, V.V.H.; NOVAES, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V.V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 25-32, 1999.

ANDRIOTTI, J.L.S. **Fundamentos de estatística e geoestatística**. São Leopoldo. Editora UNISINOS, 165p. 2003.

BARBOSA, L.M.; BARBOSA, J.M.; BARBOSA, K.C.; POTOMANI, A.; MARTINS, S.E.; ASPERTI, L.M. **Recuperação florestal com espécies nativas no Estado de São Paulo**: pesquisas apontam mudanças necessárias. São Paulo. Florestar Estatístico, v.6, n.1, p.28-34, 2003.

BELLOTE, A.F.J. e NEVES, E.J.M. CALAGEM E ADUBAÇÃO EM ESPÉCIES FLORESTAIS PLANTADAS NA PROPRIEDADE RURAL, Circular técnica 54, ISSN 1517-5278, 1ª edição, **Embrapa Florestas**, Colombo, PR, 2001.

BORTOLOTTI, I.M. e NETO, G.G. Conservação da natureza em uma escola rural do distrito de Albuquerque (Corumbá – MS): Uma abordagem para educação no contexto da etnobotânica. UFMT. Brasília. **Revista**, v.06, n.11, 1998.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.E.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil science society of america journal**, Madison, v.58, n.4, p. 1501-1511, 1994.

CAMPOS, M.C.C.; SOARES, M.D.R.; SANTOS, L.A.C.; OLIVEIRA, I.A.; AQUINO, E.A. Spatial variability of physical attributes in Alfissol under agroforestry, Humaitá region, Amazonas state, Brazil. **Revista Ciências Agrárias**, Recife, v.56, n.2, p.149-159, 2013a.

CAMPOS, M.C.C.; AQUINO, E.A.; OLIVEIRA, I.A. e BERGAMIN, A.C. Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração e umidade do solo em área cultivada com cana-de-açúcar na região de Humaitá, Amazonas, Brasil. **Revista Ciências Agrárias**, Recife, v.8, n.2, p.305-310, 2013b.

CANELLAS, L.P.; VELLOSO, A.C.X.; MARCIANO, C.R.; RAMALHO, J.F.G.P.; RUMJANEK, V.M.; REZENDE, C.E.; SANTOS, G.A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.27, n.5, p.935-944, 2003.

CARDOSO, E.; SILVA, M.L.N.; MOREIRA, F.M.S. e CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.6, p.631-637, 2009.

CARRERA, A.L.; MAZZARINO, M.J.; BERTILLER, M.B.; DEL VALLE, H.F.; CARRETERO, E.M. Plant impacts on nitrogen and carbon cycling in the Monte Phytogeographical Province. **Journal of Arid Environments**, Argentina. v.73, n.2, p.192-201, 2009.

CARVALHO, J.R.P.; SILVEIRA, P.M. e 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.

CARVALHO, M.P., TAKEDA, E.Y. e FREDDI, O.S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.27, n.4, p.695-703, 2003.

CARVALHO, P.E.R., Espécies Arbóreas Brasileiras. **Informação Tecnológica. Embrapa**. Brasília, 2003.

CARVALHO, P.E.R., Espécies Florestais Brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. **EMBRAPA-CNPQ/SPI**, 26p. 1994.

CLARK, D.B. Los factores edáficos y la distribución de las plantas. In: GUARIGUATTA, M.R.; KATTAN, G.H. **Ecología y conservación de bosques neotropicales**. Cartago: Ediciones LUR, p.192-221, 2002.

CLARK, D.B.; CLARK, D.A. e READ, J.M. Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a neotropical rain forest. **Journal of Ecology**, London, v.86, n.1, p.101-112, 1998.

CORÁ, J.E. e BERALDO, J.M.G. Variabilidade espacial de atributos do solo antes e após calagem e fosfatagem em doses variadas na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Engenharia Agrícola**, São Paulo, v.26, n.2, p.374-387, 2006.

DEGÁSPARI, C.H.; WASZCZYNSKYJ, N. e PRADO, M.R.M. Atividade antimicrobiana de *Schinus terebenthifolius* Raddi. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.3, p.617-622, 2005.

DEUTSCH, C.V. e JOURNAL, A.G. **GSLIB: geostatistical software library**. New York: Oxford Univ. Press, 1998.

DONAGEMMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B.; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M., **Manual de Métodos de Análise de Solo**, Série Documentos 132, 2ª edição revista, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2011.

DORMANN, C.F. Effects of incorporating spatial autocorrelation into the analysis of species distribution data. **Global Ecology and biogeography**, Oxford, v.16, n.2, p.129-138, 2007.

FERRETI, A.R.; KAGEYAMA, P.Y; ARBOEZ, G.E; SANTOS, J.D. DOS; BARROS, M.; LORZA, R.E; OLIVEIRA, C. **Classificação das espécies arbóreas em grupos ecológicos para revegetação com nativas no estado de São Paulo**. São Paulo, Florestar Estatístico, v.3, n.7, p. 2-6, 1995.

FLEIG, M. e KLEIN, R.M. **Anacardiáceas**. Flora Ilustrada Catarinense. Itajaí-SC: 64p. 1989.

GANDOLFI, S. e RODRIGUES, R.R. Recomposição de florestas nativas: algumas perspectivas metodológicas para o Estado de São Paulo. In: **CURSO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**, v.3, 1996, Curitiba: Universidade Federal do Paraná, p.83-100, 1996.

GOOVAERTS, P. Geostatistics for Natural Resources Evaluation. New York: **Oxford University Press**, 483p. 1997.

GREGO, C. e VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.29, n.2, p.169-177, 2005.

GUERREIRO, S.M.C. e PAOLI, A.A.S, Morfologia e Anatomia da Semente de *Schinus terebinthifolius*, Raddi (Anacardiaceae) em desenvolvimento. São Paulo, **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.22. n.1, 1999.

GUIMARÃES, E.C. **Geoestatística básica e aplicada**. Universidade Federal de Uberlândia. 78p. v.1, 2004.

GUIMARÃES, R.M.L.; GONÇALVES, A.C.A.; TORMENA, C.A.; FOLEGATTI, M.V.; BLAINSKI, E. Variabilidade espacial de propriedades físico-hídricas de um Nitossolo sob a cultura do feijoeiro irrigado. **Revista Engenharia Agrícola**, São Paulo, v.30,n.4, p.657-669, 2010.

GUPTA, R.P.; AGGARWAL, P. e CHAUHAN, A.S. Spatial variability analysis of bulk density as a guide for tillage. **Journal of Indian Society Soil Science**, New Delhi, v.43, n.4, p.549-557, 1995.

ISAAKS, E.H. e SRIVASTAVA, R.M. **An introduction to applied geostatistics**. New York. Oxford University Press, 600p. 1989.

KAGEYAMA, P.Y. e GANDARA, F.B.. Recuperação de áreas ciliares. p. 249-269. In: Rodrigues, R.R e Leitão Filho, H.F. (Ed.). **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. EDUSP: São Paulo, cap.15. v.2, p.249-269, 2000.

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

LENZI, M. e ORTH, A.I. Caracterização funcional do sistema reprodutivo da aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), em Florianópolis-SC, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.198-201, 2004.

LONGO, R.M. **Modificações nas propriedades do solo decorrentes da introdução de pastagens no cerrado (Goiânia-GO) e na floresta amazônica (Porto Velho - RO)**. 1999. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras** - Manual de identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. v.1, 4.ed, Nova Odessa: Instituto Plantarum, 368p. 2002.

McBRATNEY, A.B. e WEBSTER, R. Choosing functions for semivariograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. **Soil science society of america journal**, Madison, v.37, n.3, p.617-639, 1986.

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**, campinas, v.31, n.3, p.591-599. 2007.

MALEUX, J. O controle dos desmatamentos dos recursos florestais tropicais: uso de sensoriamento remoto. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO,7,1993. **Anais...**Curitiba, p.254-259, 1993.

MELLONI, R; MELLONI, E.G.P.; ALVARENGA, M.I.N. e VIEIRA, F.P.M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de minas gerais - **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. campinas, v.32, p.2461-2470, 2008.

OLIVER, M.A. Exploring soil spatial variation geostatistically. In: EUROPEAN CONF. ON PRECISION AGRICULTURE, 2, 1999, Denmark. **Anais...** Denmark, IPAS, p.03-18, 1999.

PAZ, A., TABOADA, M.T. e GOMEZ, M.J. Spatial variability in topsoil micronutrient contents in a one-hectare cropland plot. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York v.27, n.3/4, p.479-503, 1995.

PAZ-GONZALEZ, A.; TABOADA CASTRO, M. T. e 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, n.4, p.469-479, 2001.

PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L. e MCMAHON, T.A. Updated World map of de Koppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, Amsterdã, v.11, n.5, p.1633-1644, 2007.

PELLISSARI, A.L.; FIGUEIREDO FILHO A.; CALDEIRA S.F. e MACHADO S.A. geoestatística aplicada ao manejo de povoamentos florestais de teca, em períodos pré-desbaste seletivo, no estado do Mato Grosso, **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v.32, n.3, p.430-444, 2014.

PORTUGAL, A.F.; COSTA, O.V.D.; COSTA, L.M. e SANTOS, B.C.M. Atributos químicos e físicos de um Cambissolo Háptico tb distrófico sob diferentes usos na Zona da Mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, campinas, v.32, n.1, p.249-258, 2008.

REZENDE, S.B. e RESENDE, M. Solos dos mares de morros: Ocupação e uso. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F. e FONTES, M.P.F., (Ed.) **Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**.

Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Universidade Federal de Viçosa, p.261-289, 1996.

ROBERTSON, G.P. **GS+ geostatistics for the environmental sciences: GS+ user's guide**. Plainwell: Gamma Design Software, 152 p. 1998.

SANCHOTENE, M.C.C. **Frutíferas nativas úteis à fauna na arborização urbana**. Feplan, Porto Alegre, 311p. 1985.

SANTOS, G.V.; DIAS, H.C.T.; SILVA, A.P.S. e MACEDO, M.N.C. Análise hidrológica e socioambiental da bacia hidrográfica do córrego Romão dos Reis, Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.5, p.931-940, 2007.

SATTLER, M.A. **Variabilidade espacial de atributos de um Argissolo Vermelho Amarelo sob pastagem e vegetação nativa na bacia hidrográfica do Itapemirim**. 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2006.

SCHUMACHER, M.V.; HOPPE, J.M.; GOMES NETO, J.; OLIVEIRA, O.S.; ABREU, C.T.; GARLET, A.; GOMES, G.S. Comportamento silvicultural de algumas espécies florestais nos plantios em linhas e em grupos no enriquecimento de capoeiras. In: INTERNATIONAL CONGRESS AND EXHIBITION ON FOREST, 5, 1999, Curitiba. Forest 99: [resumos]. Rio de Janeiro: BIOSFERA, 1999. 1 CD-ROM. Autoria bilíngue: **CONGRESSO E EXPOSICAO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS**, v.5, Curitiba, 1999.

SILVA, E.A.A.; OPAZO, M.A.U.; VILAS BOAS, M.A. e LAMPARELLI, R. Programa computacional para produção e ajuste de modelos teóricos e semivariogramas experimentais em variáveis regionalizadas – geocac. IN: JORNADA CIENTÍFICA DA UNIOESTE, 2, 2003, Toledo. **Anais...** Toledo: Unioeste, PRPPG, 2003.

SILVA, M.B.; KLIEMANN, H.J.; SILVEIRA, P.M. e LANNA, C. **Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, n.12, p.1755-1761, 2007.

SILVA, S.A.; LIMA J.S.S.; XAVIER, A.C. e TEIXEIRA, M.M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-amarelo húmico cultivado com café. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, campinas, v.34, n.1, p.15-22, 2010.

SOUZA, Z.M.; SILVA, M.L.S.; GUIMARÃES, G.L.; AMPOS, D.T.S.; CARVALHO, M.P.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho distrófico sob semeadura direta em Selvíria (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, campinas, v.25, p.699-707, 2001b.

SOUZA, P.A.; VENTURINI, N.; MACEDO, R.L.G.; ALVARENGA, M.I.N.; SILVA, V.F. Estabelecimento de espécies arbóreas em recuperação de área degradada pela extração de areia. **Revista Cerne**, Lavras, v.7, p.43-52, 2001a.

SOUZA, Z.M.; MARQUES JÚNIOR, J. e PEREIRA, G.T. Geoestatística e atributos do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.1, p.48-56, 2009.

TRANGMAR, B.B; YOST, R.S. e UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, New York, p.45-93, 1985.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In. NOVAES, R.F.; ALVAREZ V.V H. e SCHAEFER, C.E.G.R. **Tópicos em ciências do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.2-54, 2000.

VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um Latossolo Roxo de Campinas, SP. **Revista Bragantia**, Campinas, v.56, n.1, p.181-190, 1997.

WARRICK, A.W. e NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D., ed. **Applications of soil physics**. New York, Academic Press, 350p. 1980.

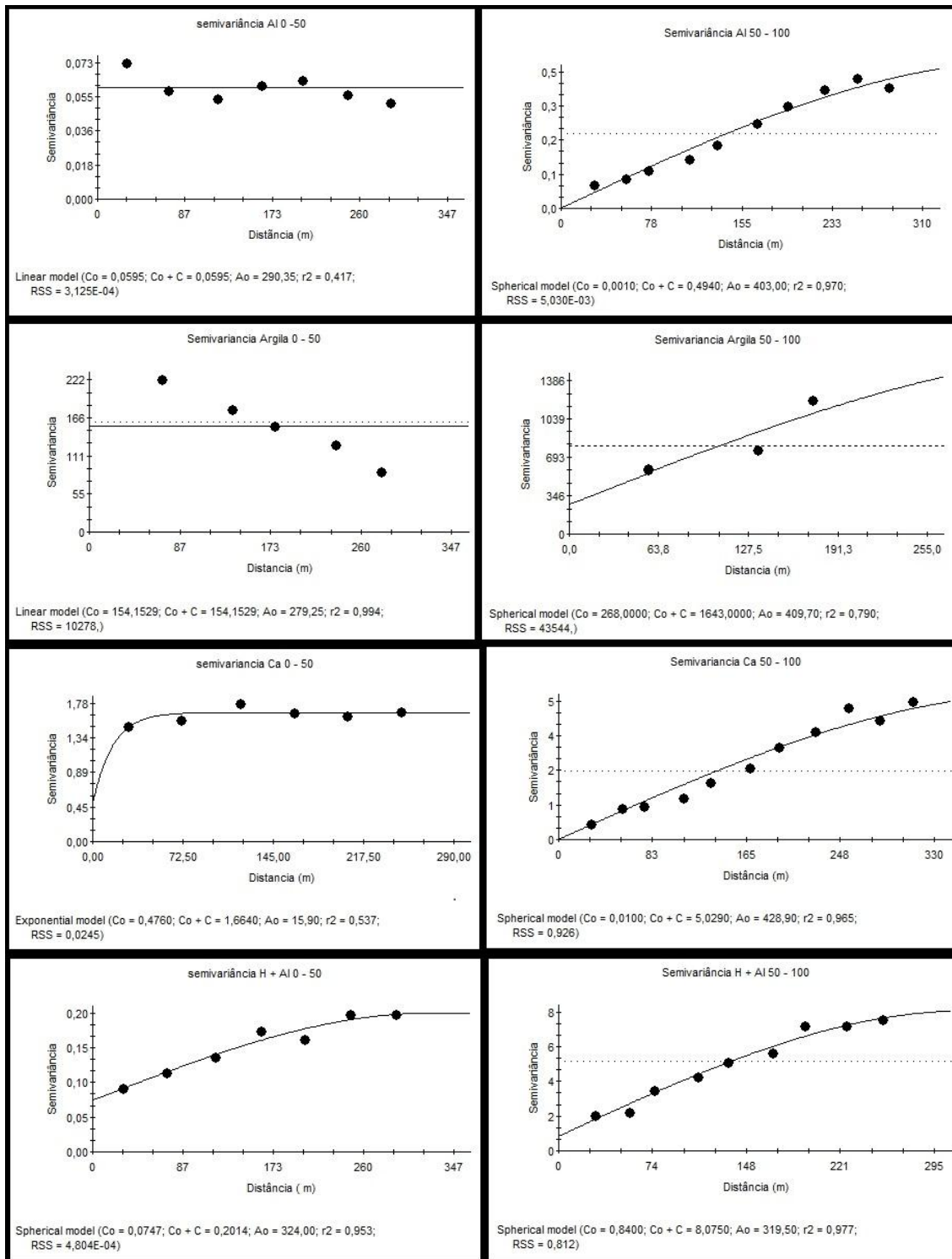
WOJCIECHOWSKI, J. C.; SCHUMACHER, M.V.; PIRES, C.A.F.; MADRUGA, P.R.A.; KILCA, R.V.; BRUN, E.J.; SILVA, C.R.S.; VACCARO, S.; RONDON NETO, R.M. Geoestatística aplicada ao estudo das características físico-químicas do solo em áreas de floresta estacional de decidual. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.19, p.383-391, 2009.

ZANÃO JÚNIOR L.A; LANA, R.M.Q.; ZANÃO, M.P.C.; GUIMARÃES, E.D. Variabilidade espacial de atributos químicos em diferentes profundidades em um latossolo em sistema de plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, v.57, n.3, p.429-438, 2010.

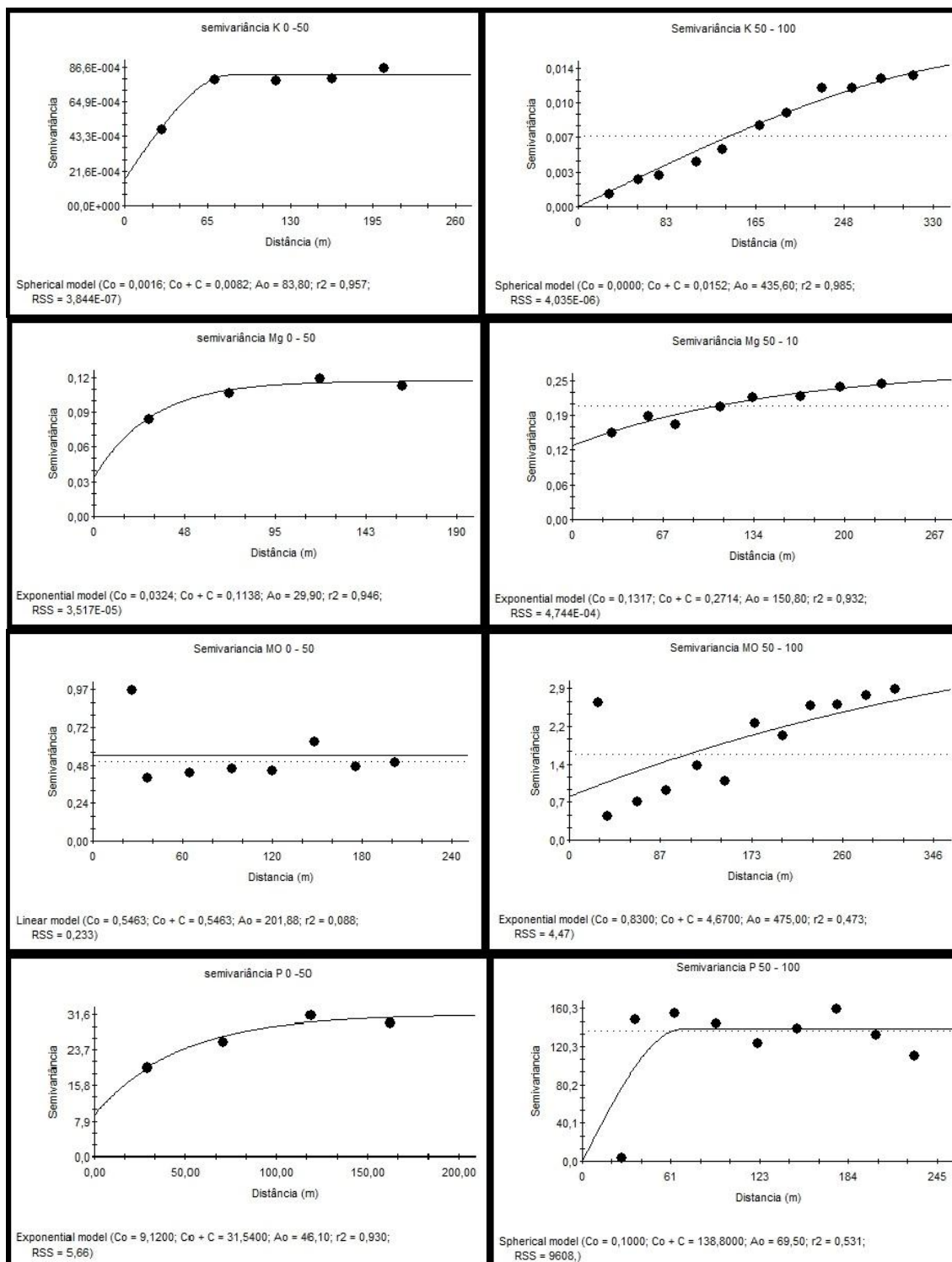
ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. 2001. 114f. (Livre-Docência em Levantamento do Solo e Fotopedologia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

7 ANEXO

AnexoA.1: Semivariogramas ajustados aos atributos do solo.



AnexoA.2: Semivariogramas ajustados aos atributos do solo.



AnexoA.3: Semivariogramas ajustados aos atributos do solo.

