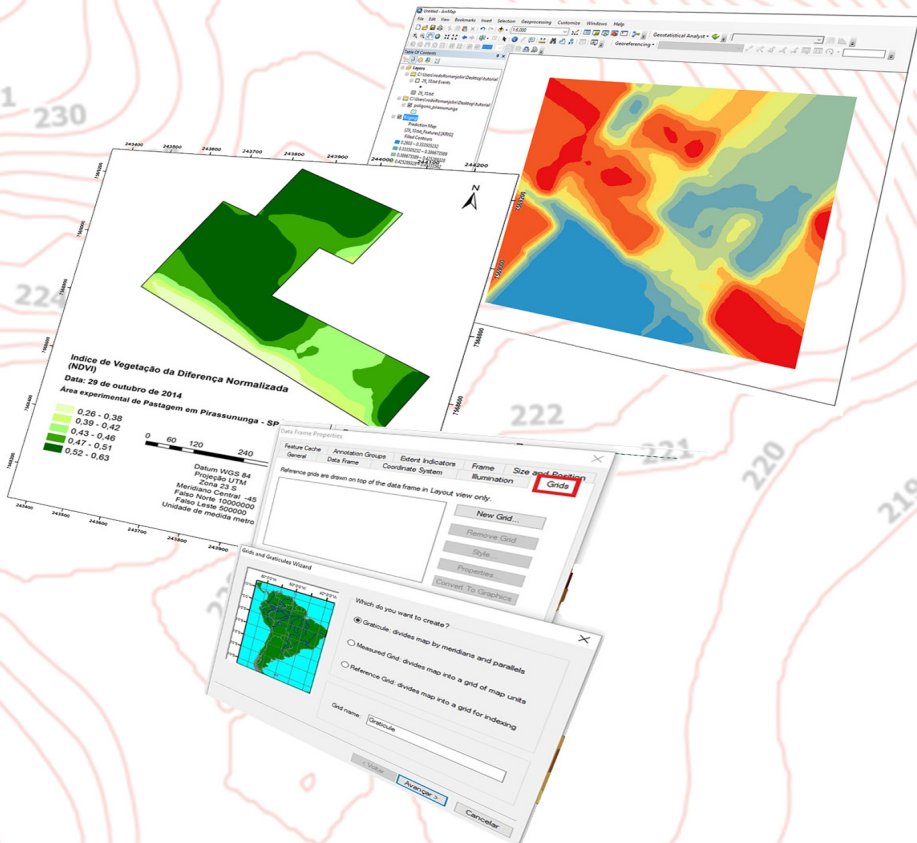


Tutorial para a construção de mapas a partir de dados interpolados por análise geoestatística



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Monitoramento por Satélite
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 113

Tutorial para a construção de mapas a partir de dados interpolados por análise geoestatística

*Célia Regina Grego
Sandra Furlan Nogueira
Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues
Gustavo Bayma Siqueira da Silva
Rodolfo Correa Manjolin*

Embrapa Monitoramento por Satélite

Av. Soldado Passarinho, 303 - Fazenda Chapadão

CEP 13070-115 Campinas, SP

Fone: (19) 3211-6200 - Fax: (19) 3211-6222

www.embrapa.br/monitoramento-por-satelite/

SAC: www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Comitê de Publicações

Presidente: *Sérgio Gomes Tôsto*

Secretária-Executiva: *Bibiana Teixeira de Almeida*

Membros: *André Luiz dos Santos Furtado, Carlos Fernando Quartaroli, Daniela Maciel Pinto, Fabio Enrique Torresan, Gustavo Bayma Siqueira da Silva e Vera Viana dos Santos Brandão*

Supervisão editorial: *Sérgio Gomes Tôsto*

Revisão de texto: *Bibiana Teixeira de Almeida*

Normalização bibliográfica: *Daniela Maciel Pinto*

Capa e editoração eletrônica: *Suzi Carneiro*

Imagens capa: *Imagens utilizadas no documento*

1ª edição

1ª impressão (2016): online

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Monitoramento por Satélite

Tutorial para a construção de mapas a partir de dados interpolados por análise geoestatística / Célia Regina Grego ... [et al]. -- Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2017.

36p. : il. ; cm. - (Documentos / Embrapa Monitoramento por Satélite, ISSN 0103-7811; 113).

1. Geoprocessamento. 2. Geoestatística - análise. 3. Interpolação de dados. 4. Viabilidade espacial. I. Grego, Célia Regina. II. Nogueira, Sandra Furlan. III. Rodrigues, Cristina Aparecida Gonçalves. IV. Silva, Gustavo Bayma Siqueira da. V. Manjolin, Rodolfo Correa. VI. Título. VII. Série.

CDD 526

Autores

Célia Regina Grego

Engenheira Agrônoma, Doutora em Agronomia
Pesquisadora da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

Sandra Furlan Nogueira

Engenheira Agrônoma, Doutora em Agronomia
Pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP

Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues

Zootecnista, Doutora em Biologia Vegetal
Pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP

Gustavo Bayma Siqueira da Silva

Geógrafo, Mestre em Sensoriamento Remoto
Analista da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP

Rodolfo Correa Manjolin

Graduando em Engenharia Agrícola
Bolsista PIBIC/CNPq na Embrapa Monitoramento por Satélite,
Campinas, SP

Sumário

Introdução	1
Objetivo	3
Procedimentos para a elaboração de mapas com variáveis especializadas	3
Importação dos dados interpolados para o ArcGIS.....	5
Atribuição de projeção cartográfica aos dados krigados sobre o polígono de interesse	8
Interpolação de dados krigados	17
Mapa de faixa de valores	22
Recorte do mapa para a área de estudo	26
Definição das cores das classes e finalização do mapa	28
Considerações finais	35
Referências	35

Tutorial para a construção de mapas a partir de dados interpolados por análise geoestatística

Célia Regina Grego
Sandra Furlan Nogueira
Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues
Gustavo Bayma Siqueira da Silva
Rodolfo Correa Manjolin

Introdução

Os fenômenos na natureza não acontecem ao acaso, e existe uma variação espacial e temporal que deve ser considerada. Daniel Krige (KRIGE, 1951) identificou essa variação ao longo do espaço ao trabalhar em minas de ouro na África do Sul. Segundo Soares (2006), a Geoestatística é definida como a ferramenta utilizada para caracterizar a dispersão espacial das grandezas que definem a quantidade e a qualidade de recursos naturais. A Geoestatística também é usada para caracterizar fenômenos espaciais cujos atributos variam no espaço e no tempo. Nos anos 1960, Matheron (1962) criou e formalizou o termo Geoestatística para designar o estudo da teoria das variáveis regionalizadas. A partir desse momento, a Geoestatística passou a ser usada para diversas aplicações em pesquisas, especialmente na agropecuária, na qual solo, água, planta e animais são observados de forma espacial e com melhor precisão, facilitando o entendimento de suas relações.

As técnicas de Geoestatística, juntamente com as técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, constituem, na atualidade, importantes ferramentas para o adequado planejamento da agropecuária.

A Geoestatística é uma ferramenta com grande potencial para o tratamento de dados ambientais, para o monitoramento e o mapeamento de áreas. Ela pode ser aplicada a índices de cobertura vegetal, características físicas e químicas do solo, dados de produção, entre outros atributos. A detecção da dependência espacial por meio do ajuste do semivariograma permite interpolar dados, a fim de gerar valores em pontos não amostrados, e elaborar mapas de faixas de valores mais precisos. Esses mapas são fundamentais na agricultura moderna, principalmente quando se trabalha com agricultura e pecuária de precisão, na busca pela otimização da produção e minimização dos danos ao meio ambiente.

No entanto, tanto a metodologia de obtenção de dados no campo quanto os programas de análise de dados carecem de mais estudos. O número e a disposição das amostras dependem muito do local e da característica a ser mapeada e do objetivo do mapeamento. Além disso, o investigador deve ter domínio da ferramenta utilizada para os cálculos da análise geoestatística. Segundo os especialistas, a análise geoestatística em pesquisas científicas é feita adequadamente quando são utilizados programas específicos para esse fim, tais como o Geostat, desenvolvido por Vieira et al. (2002), e o Vesper (Variogram Estimation and Spatial Prediction plus Error), (OLIVEIRA et al., 2015), que são de acesso livre, e o Gamma Design GS+ (GAMA..., 2002). Muitos usuários têm acesso a ferramentas de Geoestatística incorporadas nos programas de geoprocessamento, como a ferramenta Geostatistical Analyst do ArcGIS, entretanto a autonomia e interação do usuário nas etapas da análise é muito limitada e pouco flexível, especialmente para explorar conhecimentos nos relacionamentos geoestatísticos dentro do conjunto de dados, como ajuste e validação do semivariograma, variações de passos e distâncias na interpolação.

Para detectar a dependência espacial, é feita a análise detalhada do semivariograma e a aplicação de um modelo de ajuste que gera os parâmetros de dependência espacial (efeito pepita, patamar e alcance). Para os usuários mais especializados no assunto, o semivariograma é a grandeza mais apropriada para decidir se a dependência espacial existe ou não. O ajuste e a validação de um modelo teórico para o semivariograma experimental são aspectos mais importantes das aplicações da Geoestatística e podem ser as maiores fontes de ambiguidade e polêmica nessas aplicações. Todos os cálculos de Geoestatística dependem do valor do modelo do semivariograma para cada distância especificada. Por isso, se o modelo ajustado

estiver errado, todos os cálculos seguintes também estarão (VIEIRA et al., 2008). Embora possa ser usado, o ajuste de semivariogramas empregando métodos automáticos em programas não específicos, como sistemas de informações geográficas (SIGs), é muito duvidoso e pode apresentar resultados errôneos.

Programas específicos de Geoestatística possibilitam, ainda, após ajustar o semivariograma, interpolar dados nos locais não amostrados usando métodos como a krigagem ordinária, que utiliza os parâmetros de dependência para interpolar dados sem tendência e com variância mínima (VIEIRA, 2000). Em seguida, partindo do resultado dessa interpolação de dados, os mapas devem ser elaborados em programas destinados a esse fim, como os SIGs. Porém, a falta de tutoriais que possibilitem ao usuário elaborar adequadamente esses mapas usando SIGs é grande, o que levou à elaboração deste tutorial, cujo intuito é o de facilitar o mapeamento da variabilidade espacial das informações agropecuárias georreferenciadas a partir da análise geoestatística.

Objetivo

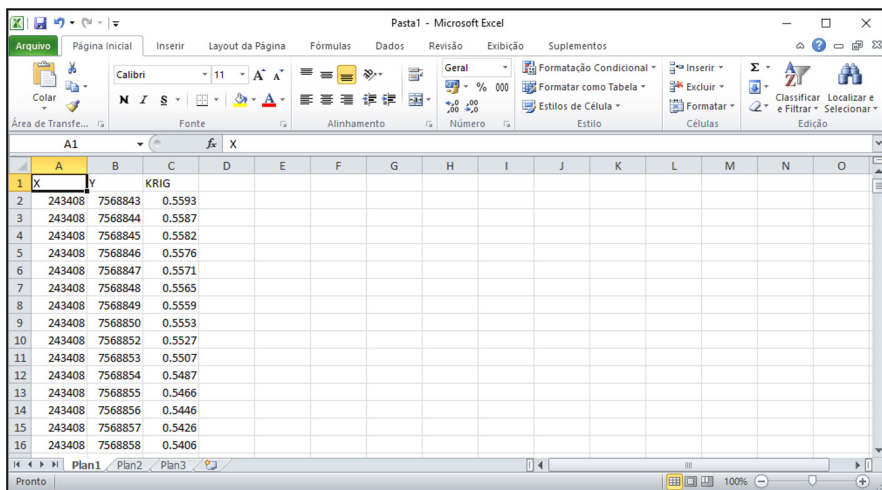
Este Comunicado Técnico é um tutorial para demonstrar, passo a passo, a elaboração de mapas no SIG ArcGIS, para auxiliar os usuários na espacialização de variáveis por interpolação de dados e considerando a variabilidade espacial por meio da análise geoestatística.

Procedimentos para a elaboração de mapas com variáveis espacializadas

O dado primário utilizado neste tutorial é o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) de uma área de pastagem, obtido pelo projeto “Geotecnologias aplicadas à dinâmica de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira” (GeoPecus), desenvolvido no âmbito do macroprograma 1 da Embrapa, e que teve como um dos objetivos específicos avaliar a depen-

dência espacial do NDVI da cobertura vegetal em pastagens localizadas nos diferentes biomas brasileiros.

Após a investigação de dependência espacial e interpolação por krigagem ordinária usando método geoestatístico específico, os dados interpolados, na forma de um conjunto de pontos georreferenciados, foram salvos em uma planilha Excel no formato txt (Figura 1). O valor associado a cada ponto (coluna KRIG, Figura 1) e suas respectivas coordenadas (X e Y) no sistema de projeção UTM foram dispostos em colunas distintas. Os números dos dados interpolados usam o ponto como separador decimal. O ponto é o separador utilizado pela maioria dos programas específicos de Geoestatística, por isso foi utilizado como separador decimal em todas as etapas deste tutorial. Mas é possível alterar o separador para vírgula no **Painel de controle** do Windows, na opção **Região**, aba **Formatos**, opção **Configurações adicionais**, aba **Números**, opção **Símbolo decimal**.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	X	Y	KRIG												
2	243408	7568843	0.5593												
3	243408	7568844	0.5587												
4	243408	7568845	0.5582												
5	243408	7568846	0.5576												
6	243408	7568847	0.5571												
7	243408	7568848	0.5565												
8	243408	7568849	0.5559												
9	243408	7568850	0.5553												
10	243408	7568852	0.5527												
11	243408	7568853	0.5507												
12	243408	7568854	0.5487												
13	243408	7568855	0.5466												
14	243408	7568856	0.5446												
15	243408	7568857	0.5426												
16	243408	7568858	0.5406												

Figura 1. Conjunto de pontos georreferenciados em planilha no formato txt.

As etapas a seguir descrevem a elaboração de mapas no ArcGIS usando variáveis espacializadas. As etapas são ilustradas por meio de capturas de tela, e os ícones ou itens de menu para acesso às ferramentas usadas são destacados em vermelho nas figuras.

Importação dos dados interpolados para o ArcGIS

a) No ArcMap, um dos componentes do conjunto de aplicativos do ArcGIS, clicar no ícone **Add data** (adicionar dados), em destaque na Figura 2.

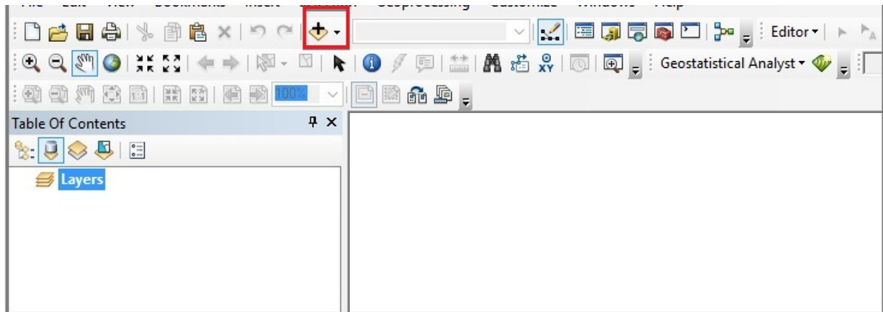


Figura 2. Janela com destaque para o ícone para adicionar camadas.

b) Conectar a pasta de dados ao ArcMap e clicar no ícone **Connect to folder**, destacado na Figura 3.

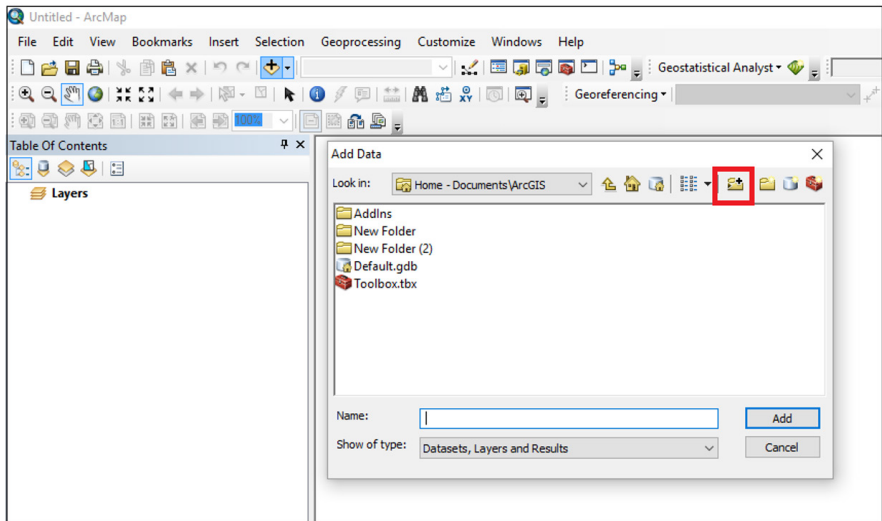


Figura 3. Tela para adicionar dados no ArcMap, com destaque para o ícone para conexão com a pasta de dados.

c) Encontrar a pasta com os dados que serão importados. Clicar nela e, em seguida, em **OK** (Figura 4).

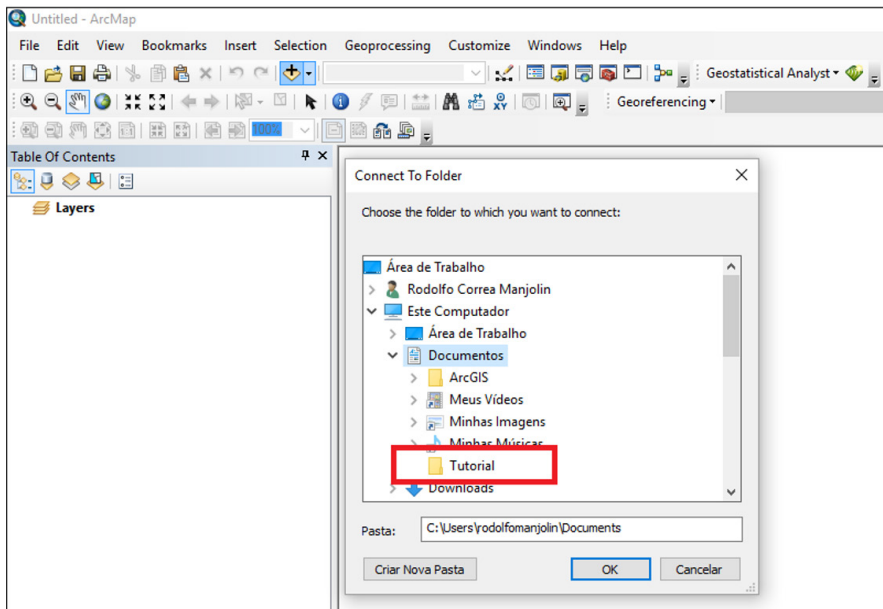


Figura 4. Janela para selecionar a pasta que contém os dados que serão importados.

d) A janela **Add data** é apresentada na tela (Figura 5). Selecionar os arquivos correspondentes às camadas que serão adicionadas no ArcMap. Neste tutorial serão adicionados o arquivo txt e o arquivo vetorial com o limite da área de estudo, nomeado como polígono_pirassununga.shp. Clicar em **Add**.

e) O resultado da adição das camadas de interesse é mostrado na Figura 6.

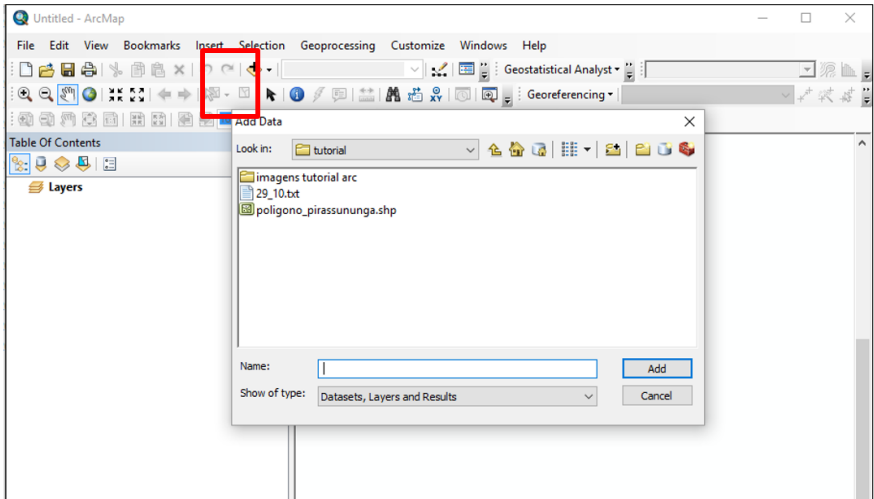


Figura 5. Tela para a adicionar as camadas de interesse.

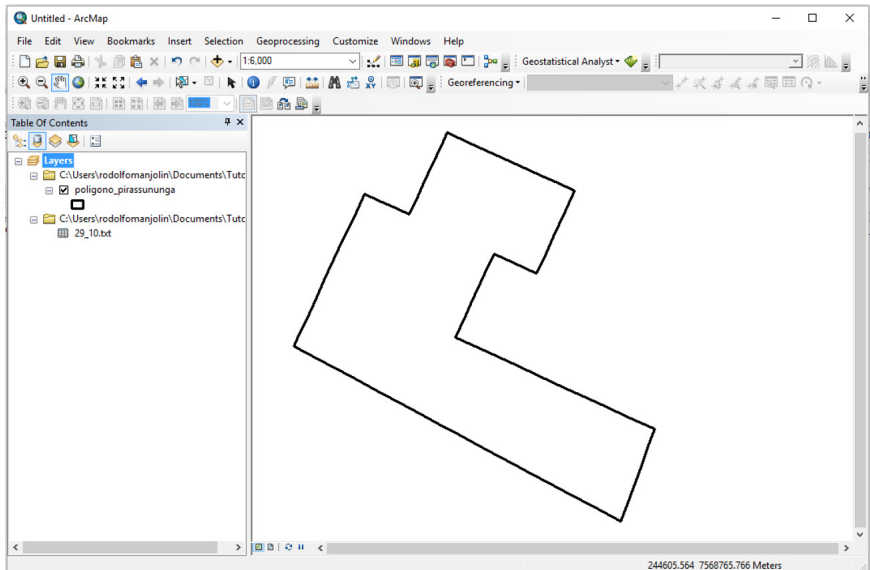


Figura 6. Camadas de interesse adicionadas no ArcMap.

Atribuição de projeção cartográfica aos dados krigados sobre o polígono de interesse

Para a próxima sequência dos passos deste item é essencial que tanto as coordenadas dos pontos de 29_10.txt quanto as coordenadas do polígono da área de estudo estejam na projeção UTM. Para tanto, é necessário verificar as coordenadas, e eventualmente fazer a conversão delas, por meio da caixa de ferramentas ArcToolbox (destacada na Figura 7).

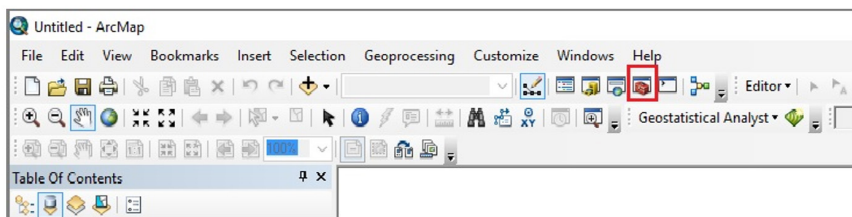


Figura 7. Ícone para acessar a caixa de ferramentas ArcToolbox.

a) No menu **ArcToolbox**, clicar na opção **Data Management Tools** (destacada na Figura 8).

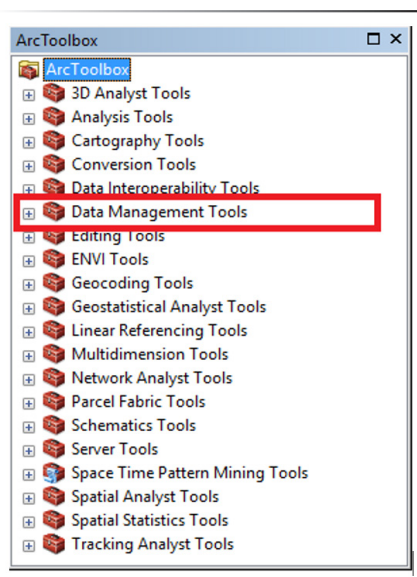


Figura 8. Menu da caixa de ferramentas ArcToolbox e submenu Data Management Tools.

b) Em **Data Management Tools**, clicar na opção Projections and Transformations (destacada na Figura 9).

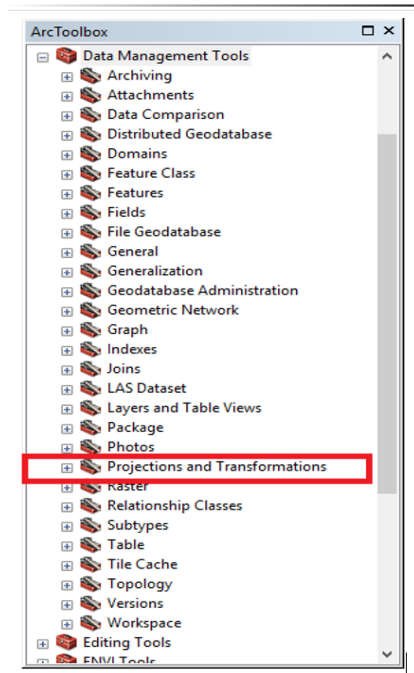


Figura 9. Menu Data Management Tools e submenu Projections and Transformations.

c) Clicar na opção **Project** (destacada na Figura 10). A janela **Project** é aberta (Figura 11).

d) Na janela **Project**, no campo numerado como 1 na Figura 12, selecionar a camada que será projetada; no campo 2, a pasta onde a camada projetada deve ser salva; e, no campo 3, a projeção a ser utilizada, neste caso UTM. Para fazer essas seleções, basta clicar nos ícones posicionados à direita da janela, seguindo a numeração.

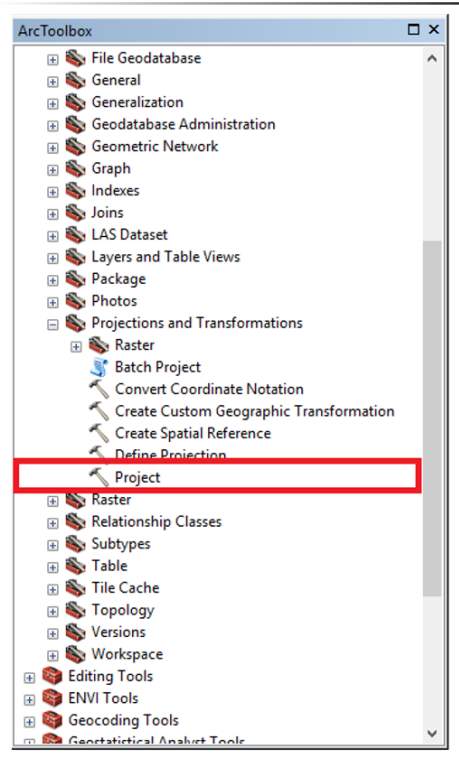


Figura 10. Ferramenta de projeção do submenu Projections and Transformations.

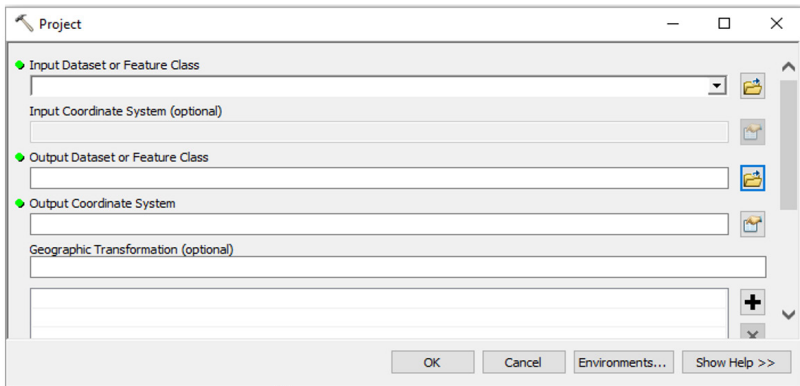


Figura 11. Janela para selecionar a camada a ser projetada.

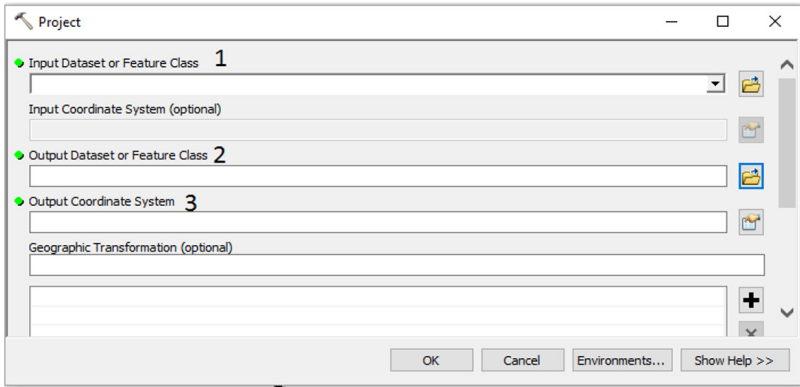


Figura 12. Janela de opções de transformação da projeção espacial.

e) No campo numerado como 3 na Figura 12, após clicar no ícone à direita do campo, para utilizar o sistema de coordenadas em UTM, seleccionar primeiramente a pasta **Projected Coordinate Systems** (destacada na Figura 13).

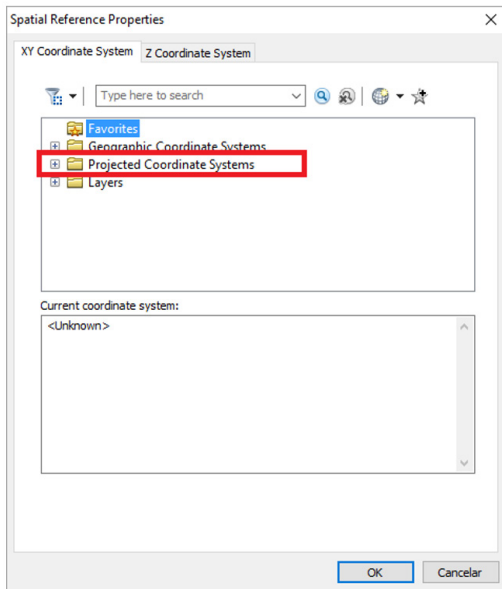


Figura 13. Menu para acessar os sistemas de projeção cartográfica.

f) Selecionar o sistema UTM (destacado na Figura 14).

g) Selecionar o *datum* (neste caso, o WGS-1984, destacado na Figura 15).

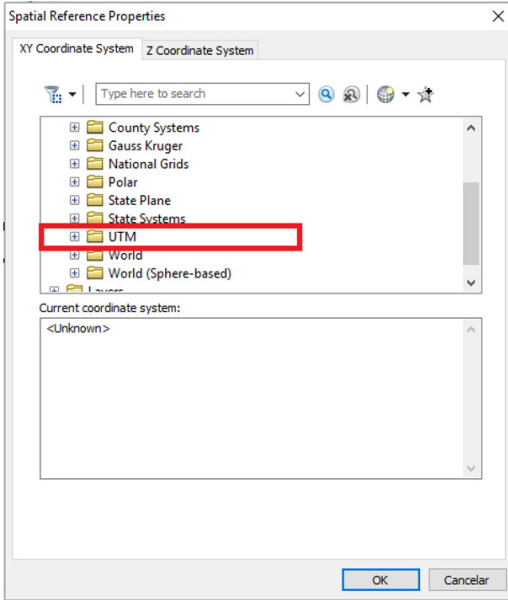


Figura 14. Seleção do sistema de projeção UTM.

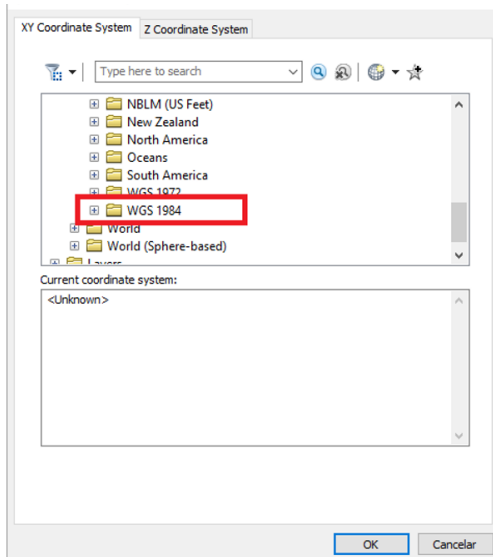


Figura 15. Menu para seleção do *datum*.

h) Escolher o hemisfério no qual se situa a camada (em destaque na Figura 16) e o fuso (Figura 17). Após estes passos, basta clicar em **OK** e a camada é projetada em UTM.

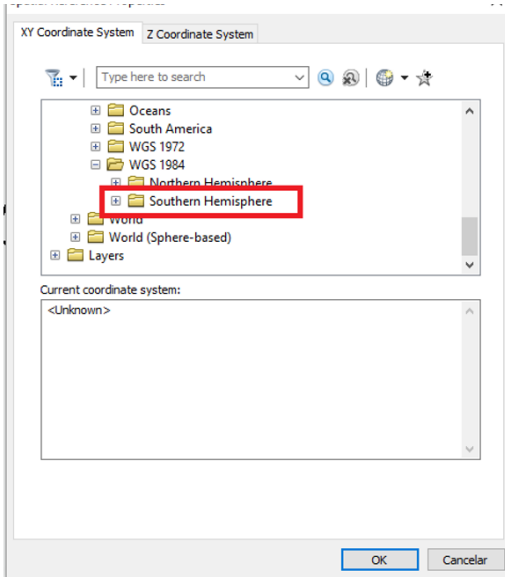


Figura 16. Menu para seleção do hemisfério.

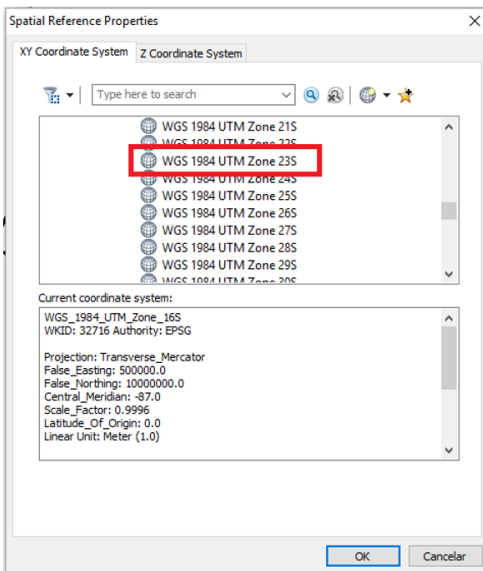


Figura 17. Janela para seleção do fuso do sistema de projeção UTM.

i) Para espacializar os pontos interpolados na forma de malha, primeiramente, clicar com o botão direito na camada de ponto (29_10.txt) e selecionar a opção **Display XY Data** (destacada na Figura 18).

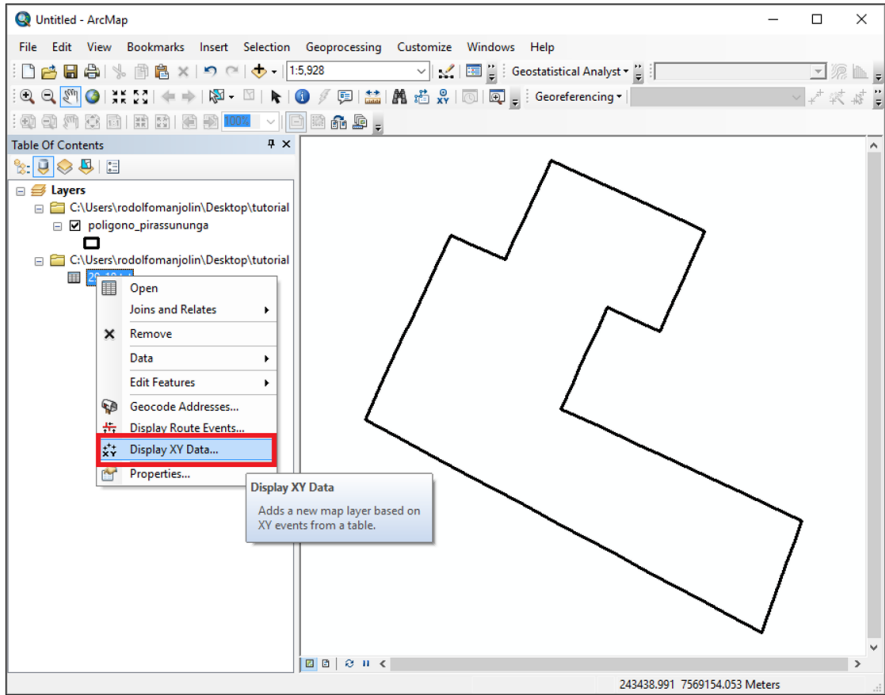


Figura 18. Seleção da opção para gerar a malha de pontos sobre o polígono da área de estudo.

j) Na janela **Display XY Data** (Figura 19), conferir se o sistema de projeção da camada de pontos é o mesmo da área de estudo e se os campos x e y das coordenadas estão corretos. Em seguida, clicar em **OK**.

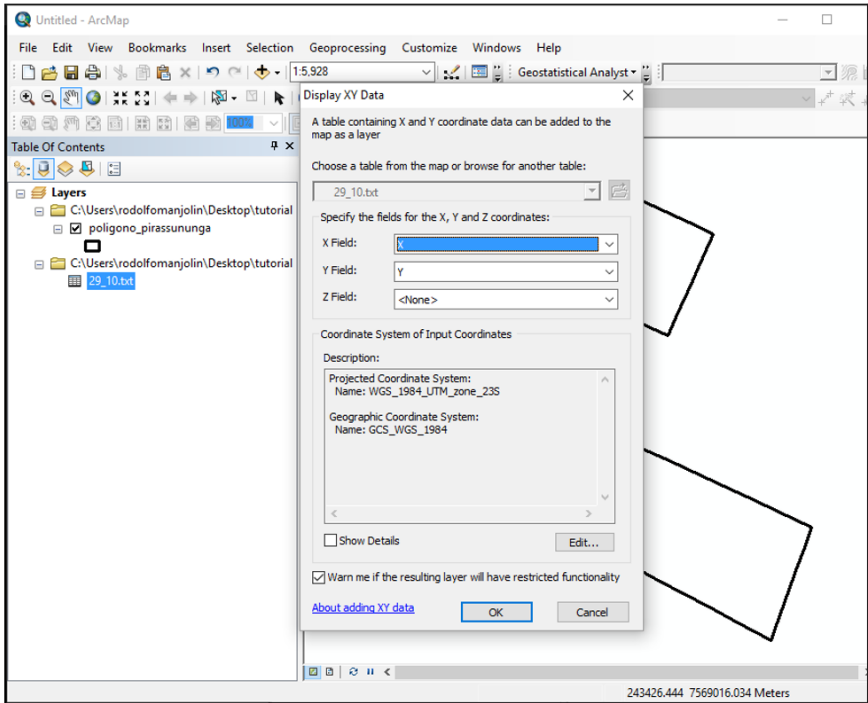


Figura 19. Janela para conferir e editar o sistema de projeção do arquivo de pontos e inserir dados pontuais no ArcMap a partir das coordenadas especificadas no arquivo txt

k) Após clicar em **OK**, visualizar a malha de pontos interpolados sobre o polígono da área de estudo (Figura 20). A Figura 20 apresenta uma área com zoom, para ressaltar a malha de pontos contida nela.

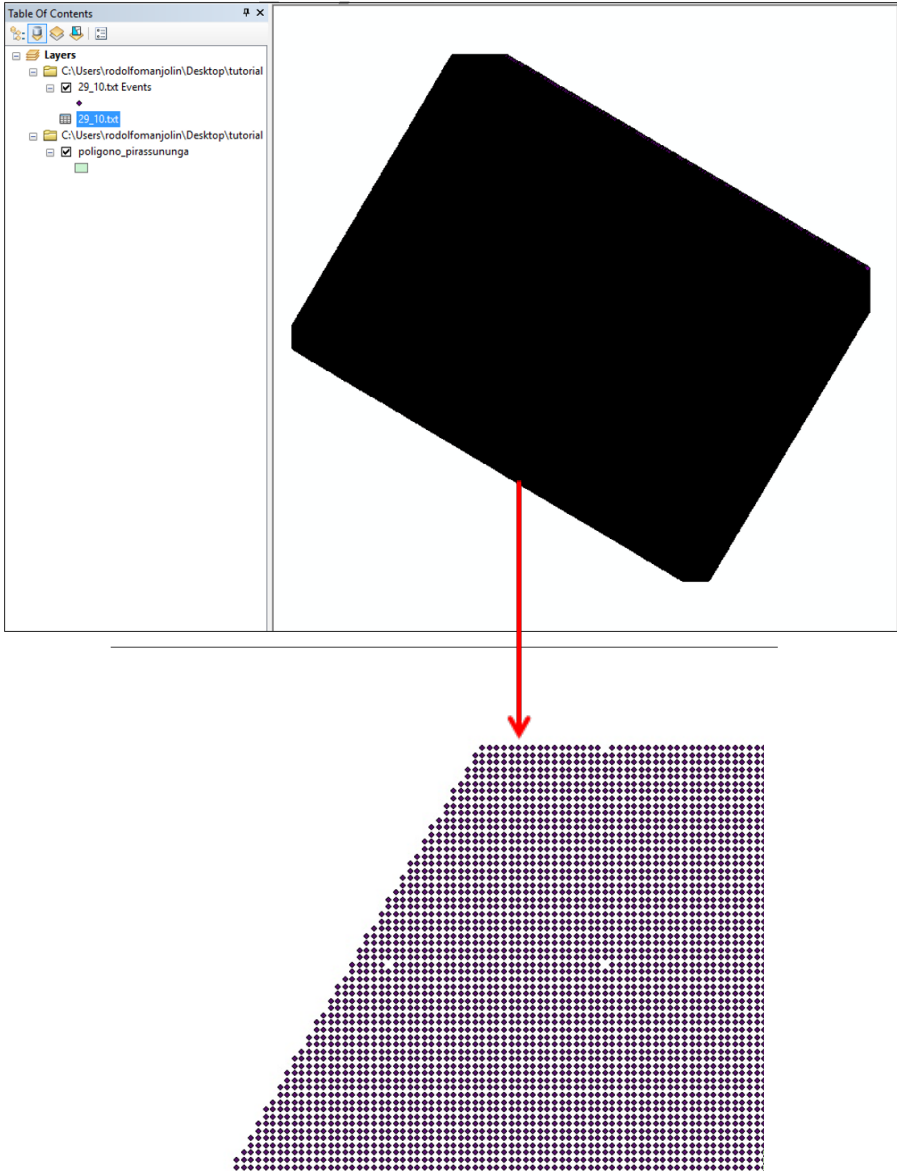


Figura 20. Malha de pontos interpolados sobre o polígono de interesse e uma área com zoom, para ressaltar a malha de pontos.

Interpolação de dados krigados

De posse dos dados derivados da análise geoestatística por meio de interpolação por krigagem ordinária inseridos no programa ArcMap, é recomendável utilizar novamente o interpolador krigagem ordinária para os dados já krigados anteriormente, com a finalidade de representação espacial, pois assim não há prejuízo na variância da estimativa, ou seja, valores medidos e estimados serão aproximadamente iguais ou muito próximos, como mostra o gráfico da Figura 26. O ArcMap contém um pacote de análise geoestatística (Figura 21), porém, muitos usuários leigos no assunto podem utilizá-lo de forma errônea e gerar semivariogramas que não têm a mínima condição de ajuste mas que mesmo assim serão ajustados, gerando mapas pouco confiáveis. Por isso, é recomendável fazer primeiramente uma interpolação usando um programa específico de Geoestatística e, a partir daí, o mapa pode ser gerado em um programa SIG, como o ArcMap, sem problemas ou prejuízos nas estimativas de valores utilizados no mapeamento. A seguir são apresentados os passos para essa interpolação.

a) Para interpolar os dados krigados, utilizar as ferramentas de Geoestatística disponíveis no ArcMap acessíveis pelo ícone destacado na Figura 21b. O ícone fica visível no ArcMap quando os dados são adicionados por meio do menu **Customize > Toolbars**, e é utilizado se a extensão Geostatistical Analyst estiver ativada (Figura 21a).

b) Após clicar no ícone de análise geoestatística, selecionar a variável a ser mapeada (Figura 22). Na opção **Geostatistical methods**, selecionar a opção **Kriging / Cokriging**. Na opção **Dataset**, em **Source Dataset**, selecionar a camada com os valores interpolados e, no campo **Data Field**, selecionar a coluna da variável interpolada (no exemplo, Krig) e, em seguida, clicar em **Next**.

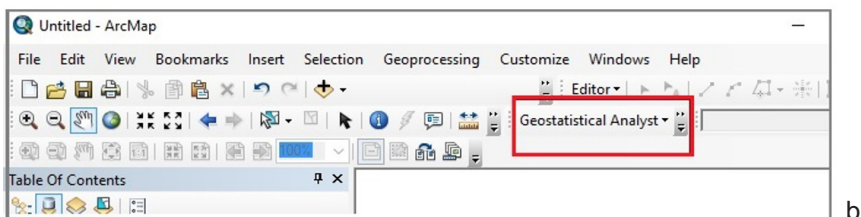
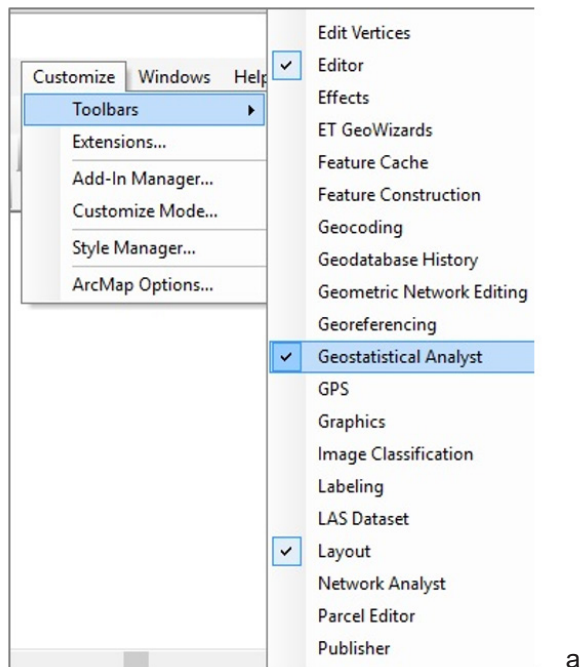


Figura 21. Acesso às ferramentas de análise geoestatística do ArcMap.

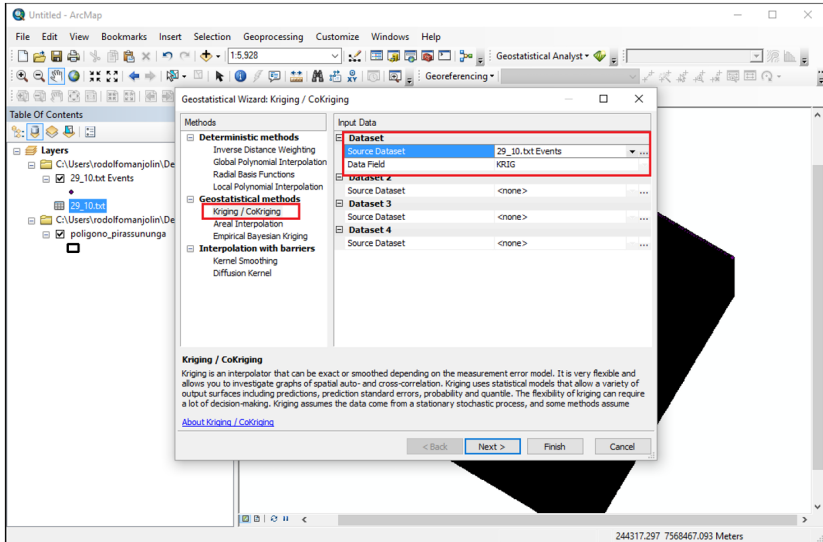


Figura 22. Janela para seleção da variável e do método de interpolação.

c) Em seguida, seleccionar **Ordinary** em **Kriging Type** e **Prediction** em **Output Surface Type** (Figura 23), depois clicar em **Next**.

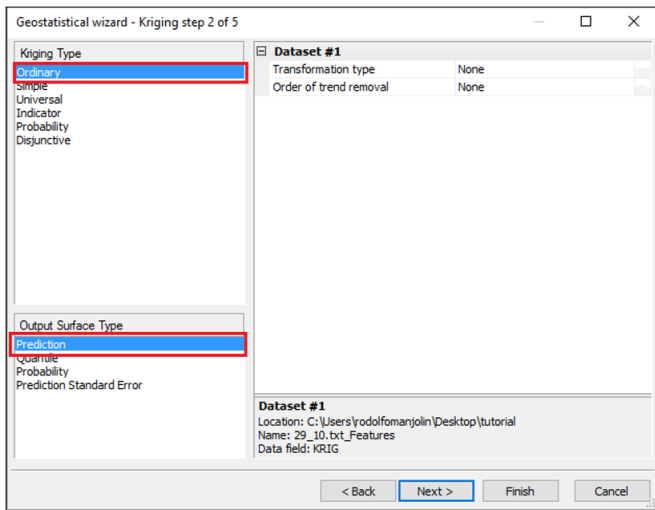


Figura 23. Menu para seleccionar o tipo de krigagem no ArcMap.

d) Na janela mostrada na Figura 24, é possível visualizar o ajuste do semivariograma feito no ArcMap, para conferência: deve-se observar se a curva em azul (do modelo do ajuste) está representando o formato da distribuição dos pontos em vermelho, que são os pares das semivariâncias. Em seguida, clicar em **Next**.

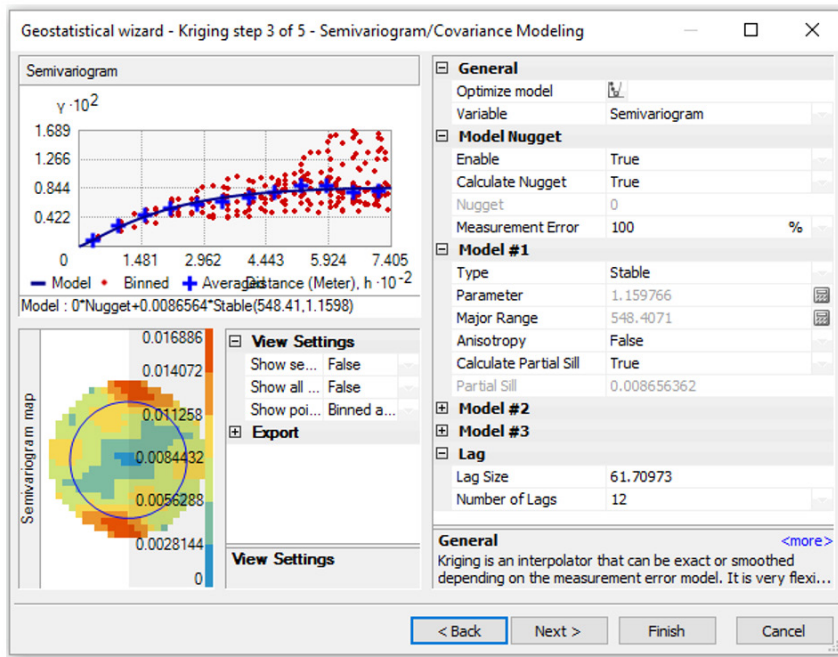


Figura 24. Janela do ajuste do semivariograma do ArcMap.

e) No próximo passo, na janela para procurar por vizinhos do interpolador, podem ser conferidas as opções de quantidade de valores vizinhos próximos, em termos de distância, que serão utilizados na estimativa. Selecionar **Next** para continuar (Figura 25).

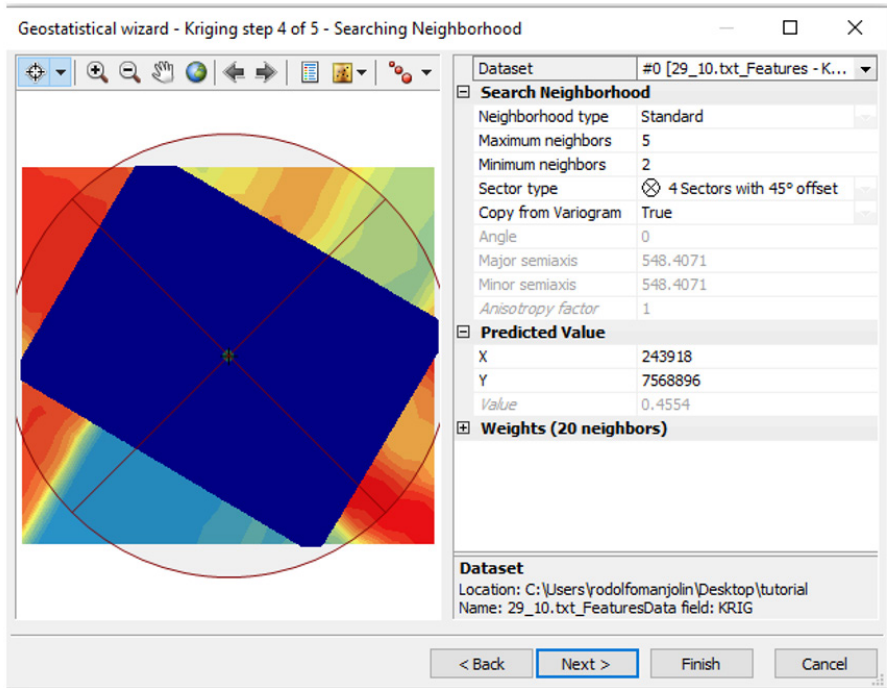


Figura 25. Etapa da busca por valores próximos na vizinhança no interpolador do ArcMap.

f) No último passo do interpolador do ArcMap (Figura 26), na janela para visualizar o gráfico dos valores medidos e estimados juntamente com a média, o desvio padrão, a variância e o erro, selecionar **Finish**.

Na Figura 26, a interpolação traduz-se em exatidão na predição de valores. Isso decorre da confiabilidade na análise geoestatística feita anteriormente em programa específico de análise geoestatística e usando os dados primários.

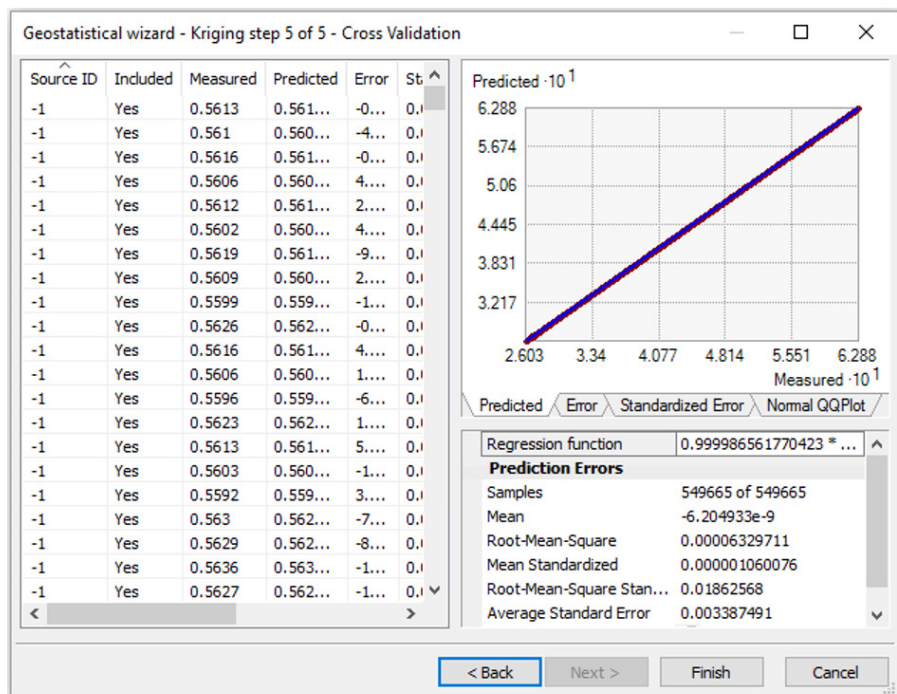


Figura 26. Janela para visualizar os valores medidos e estimados pelo ArcMap para elaborar o mapa.

Mapa de faixa de valores

Após os procedimentos anteriores, o mapa de faixa de valores é gerado conforme mostrado na Figura 27. Os passos seguintes mostram o recorte do mapa de acordo com o formato da área e a formatação de legenda, cores, norte e escala.

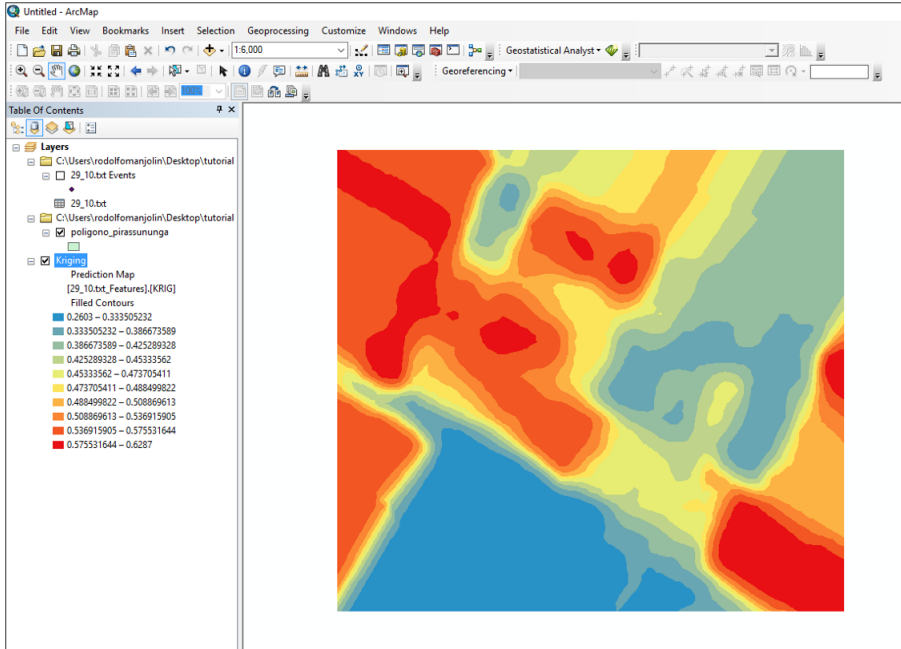


Figura 27. Mapa de faixa de valores do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI).

a) Em **Table of Contents**, clicar com o botão direito do mouse no nome da camada resultante da etapa anterior (Kriging). No menu apresentado, clicar na opção **Data** e, em seguida, **Export to Vector**, para exportar o mapa de faixas de valores para o formato vetorial (Figura 28).

b) Quando o botão **Export To Vector** é clicado, a janela da Figura 29 é visualizada. Em **Input geostatistical layer**, selecionar a camada do mapa gerado (Kriging). No campo **Contour type**, selecionar a opção **FILLED_CONTOUR**, que é a representação poligonal da camada geoestatística. Essa opção permite que os espaços entre linhas de contorno sejam representados por polígonos. Para fins de representação gráfica, assume-se que todos os locais dentro de cada polígono apresentam o mesmo valor. No campo **Output feature class**, selecionar a pasta de destino e o nome para salvar o vetor (no exemplo mostrado na Figura 30, a pasta é “imagens tutorial arc” e o nome do vetor, “tutorial_vetor”). A qualidade das linhas de contorno podem ser exibidas em rascunho (Draft) ou qualidade de apresentação.

Em **Classification**, selecionar **Quantile** em **Classification type**, para que as quebras de contorno sejam calculadas a partir de quantis dos dados de entrada, e, em **Number of classes**, selecionar o número de classes desejado (no exemplo são cinco classes), e, em seguida, clicar em **OK**.

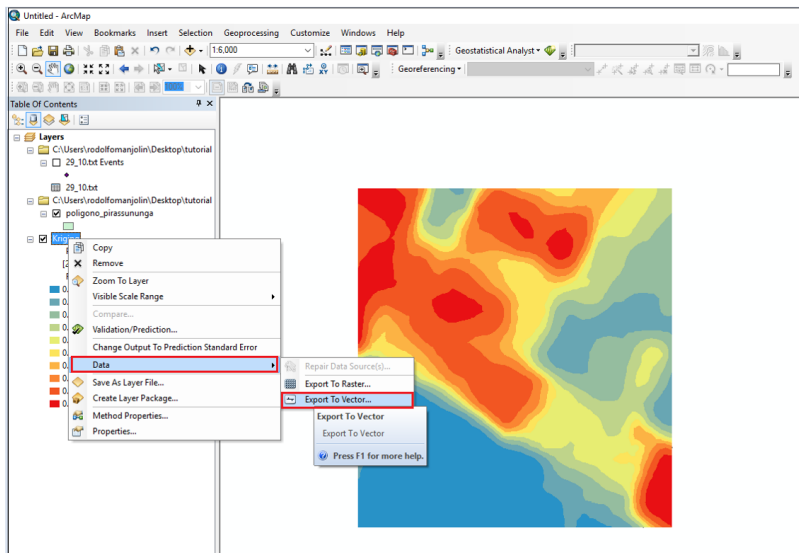


Figura 28. Exportação do mapa para o formato vetorial.

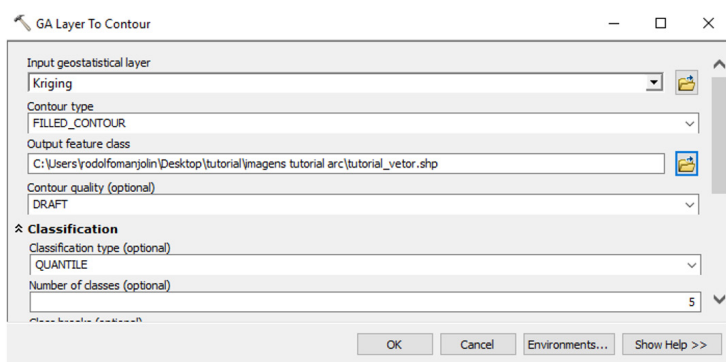


Figura 29. Janela para selecionar camadas e tipo de classificação para o mapa no formato vetorial.

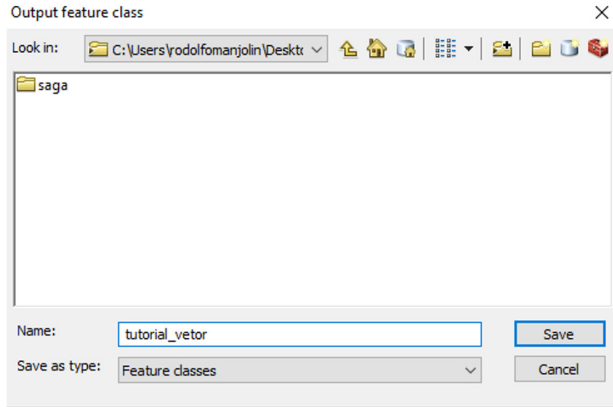


Figura 30. Tela para salvar o mapa no formato vetorial.

c) Para os dados utilizados como exemplo, o mapa no formato vetor teve cinco classes de valores de NDVI, que vão de 0,26 a 0,63, aproximadamente (Figura 31). Para tanto, em **Properties**, foi atribuída simbologia para o **shapefile** resultante.

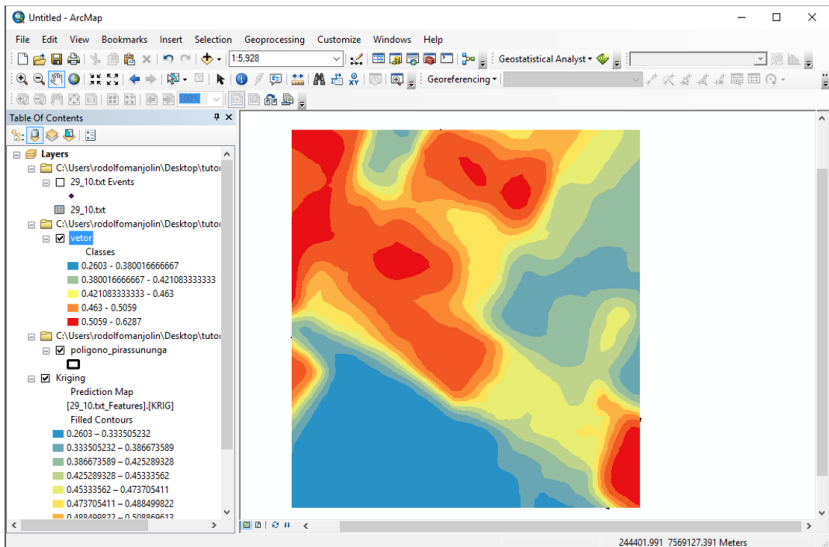


Figura 31. Janela com o mapa no formato vetorial.

Recorte do mapa para a área de estudo

É possível recortar o mapa obtido de acordo com o limite da área de estudo. Os passos para esse procedimento são descritos a seguir.

a) Selecionar a opção **Geoprocessing > Clip** no menu principal do ArcGIS (Figura 32).

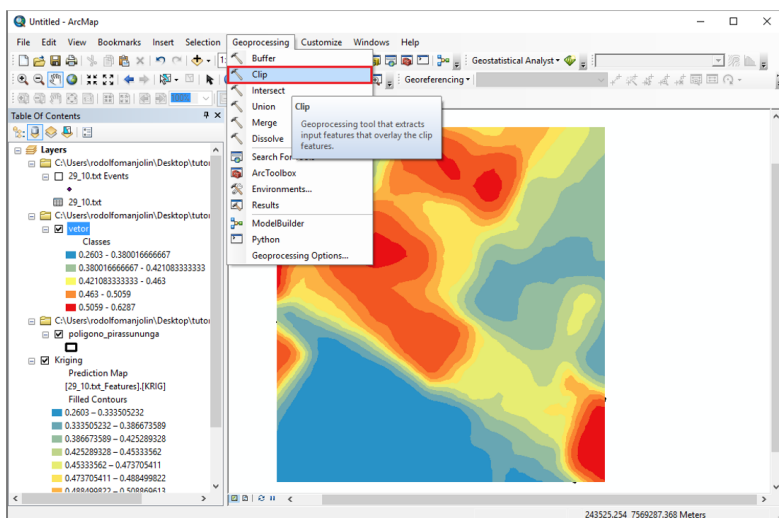


Figura 32. Ferramenta para recortar o mapa vetorial usando o limite da área de estudo.

b) Acessar a ferramenta **Clip**, cuja janela é mostrada na Figura 33. No campo **Input Features**, selecionar o *shapefile* correspondente ao mapa em formato vetorial “tutorial_vetor”. No campo **Clip**, selecionar o polígono da área de estudo “polígono_pirassununga” e, no campo **Output Feature Class**, escolher a pasta e nome com o qual o *shapefile* do mapa recortado será salvo. Clicar em **OK**.

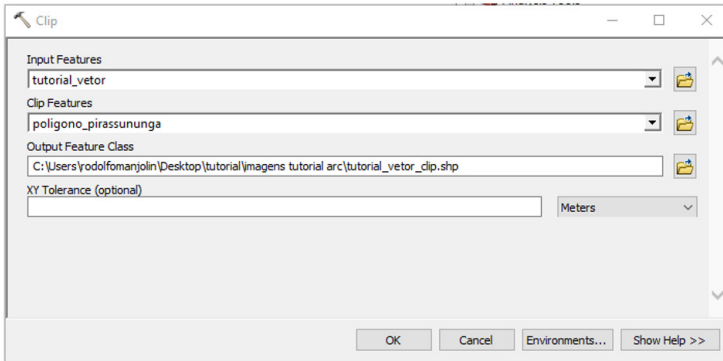


Figura 33. Definição dos parâmetros do recorte para área.

d) O recorte do mapa é visualizado da forma mostrada na Figura 34.

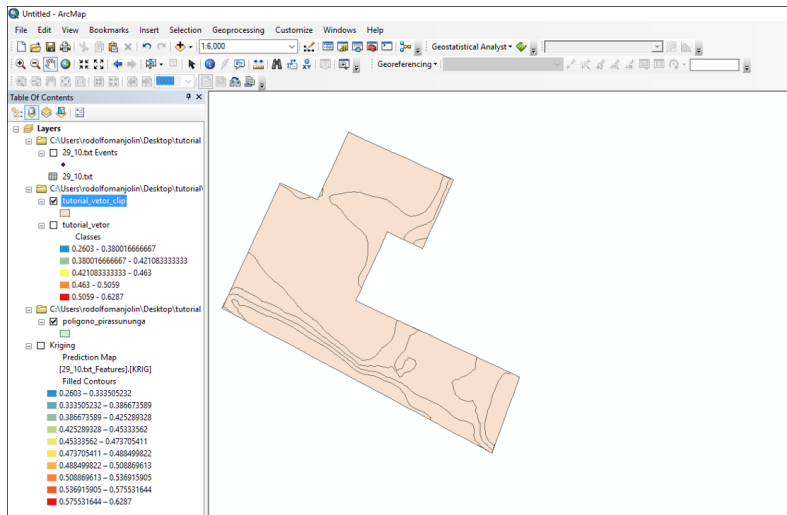


Figura 34. Mapa vetorial recortado de acordo com o limite da área de estudo.

Definição das cores das classes e finalização do mapa

O mapa no formato vetorial recortado no formato do polígono da área de estudo requer, nesta última etapa, uma escala de cores usando as mesmas faixas de valores das cinco classes definidas anteriormente. Nas Figuras 35 e 36 são mostrados os passos para atribuição de legenda de cores às classes.

a) Em **Table of Contents**, clicar com o botão direito do mouse na camada correspondente ao recorte e escolher a opção **Properties**.

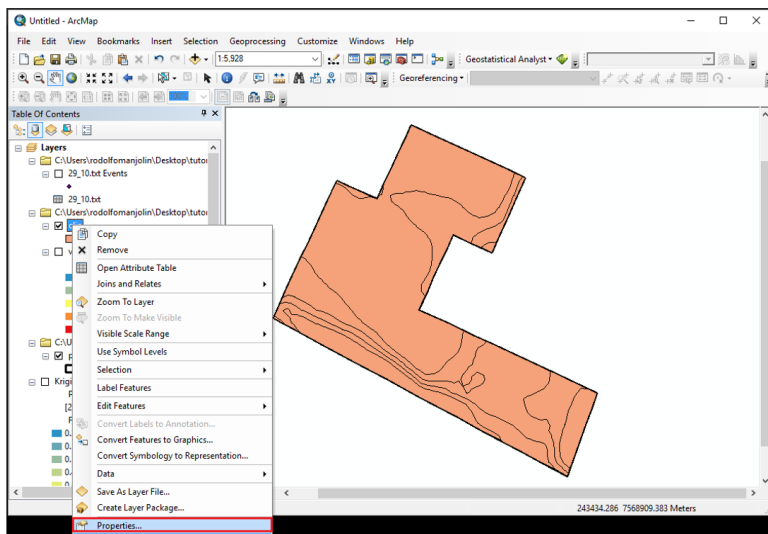


Figura 35. Janela de propriedades para inserção de classes no mapa vetorial recortado.

b) Na janela **Layer Properties** (Figura 36), selecionar **Categories**, pois o campo utilizado para a classificação, apesar de numérico, não é quantitativo, e sim categórico. Selecionar o campo **Add All Values** e escolher as opções de cores em **Color Ramp**, ou clicar em cada símbolo, para escolher as cores

desejadas. No exemplo, foram escolhidas as cores de verde-escuro a verde-claro, por se tratar de dado de NDVI, que representa o índice de vegetação. Clicar em **OK**.

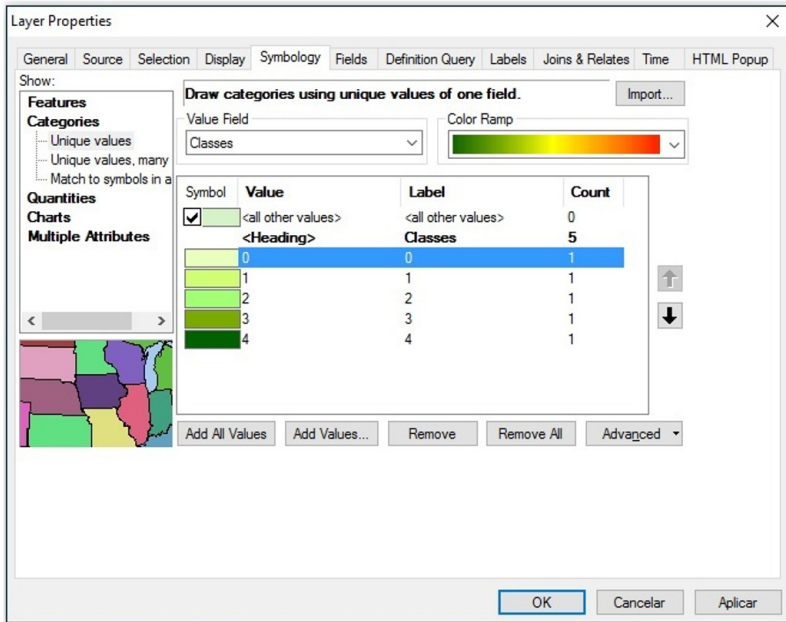


Figura 36. Janela para escolher as propriedades da legenda de cores e classes do mapa.

c) O mapa no formato vetorial recortado e classificado é visualizado como mostrado na Figura 37.

d) Para editar os valores da legenda, clicar com botão esquerdo do mouse nos rótulos de cada classe que consta da coluna **Label** (Figura 36). O rótulo da classe torna-se editável, permitindo a modificação dos valores. No menu principal do ArcGIS, escolher a opção **Insert** e, em seguida, **Legend**. Escolher o *shapefile* que contém os rótulos da legenda, no caso o *shapefile* "tutorial_vector_clip". A legenda, já com os rótulos corretos, é inserida no

mapa. Para finalizar o mapa, selecionar novamente a opção **Insert** e escolher as opções **North Arrow** e **Scale Bar**, para inserir a seta com o sentido norte e a escala gráfica. É possível escolher o tipo de seta e do tipo de escala desejada.

e) Uma grade de coordenadas é fundamental em um mapa. Para inseri-la, acessar as propriedades do mapa (Figura 38), selecionar **Grids > New Grid** e, em seguida, ajustar as opções da quadrícula e suas divisões.

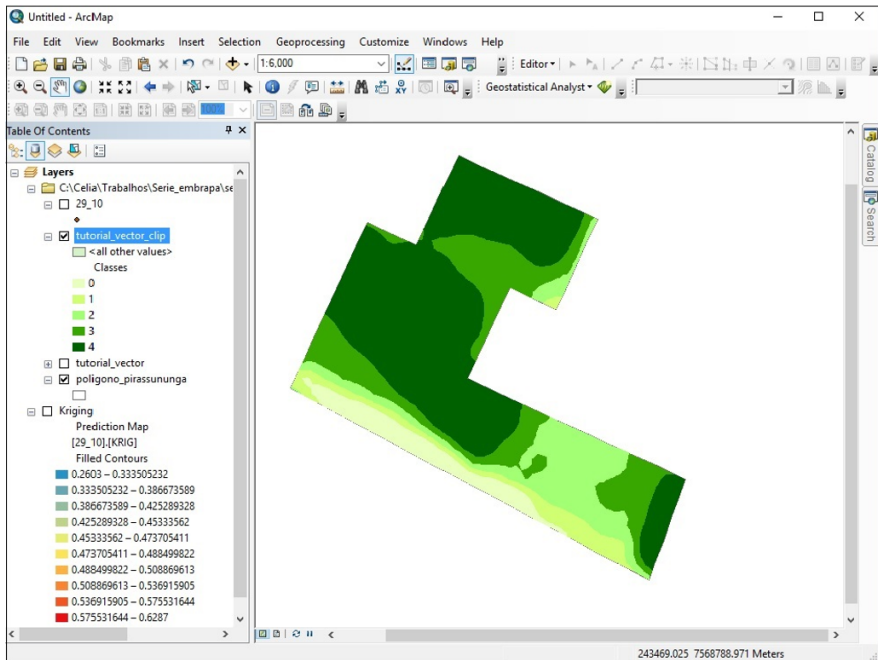


Figura 37. Representação do mapa vetorial em classes.

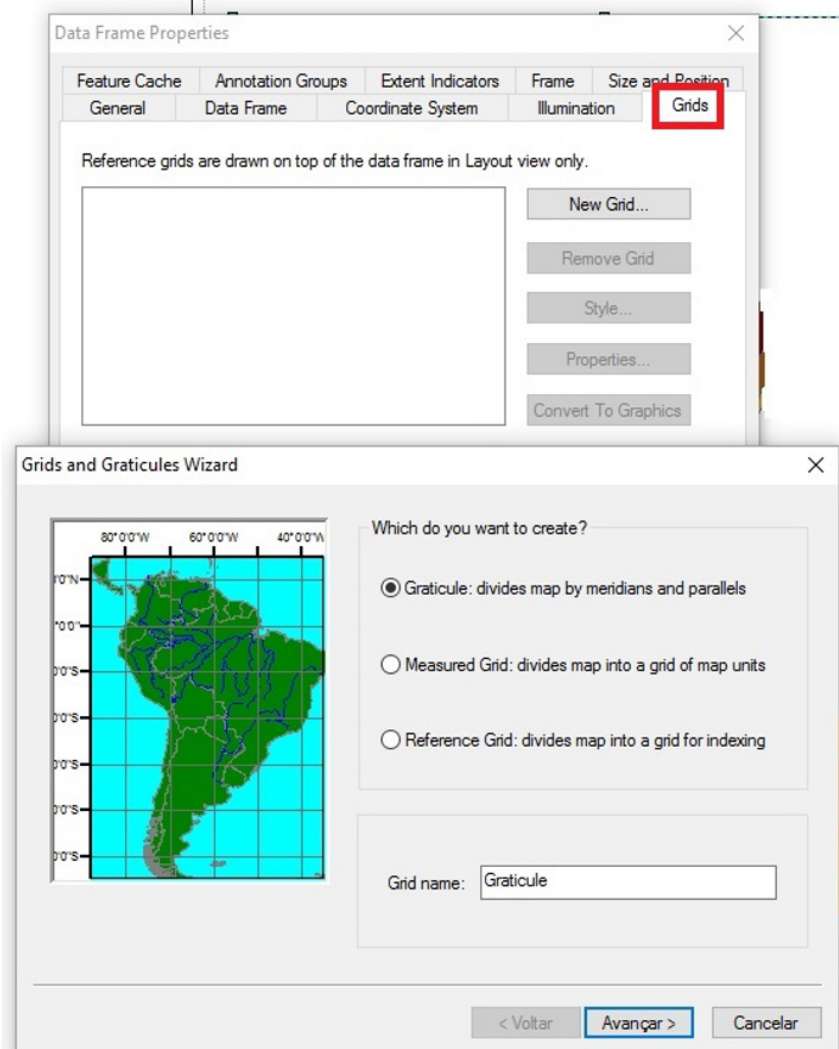


Figura 38. Janela para inserir a grade de coordenadas.

f) O texto da legenda foi alterado para apresentar as informações do NDVI e da data da imagem que gerou os valores do índice de vegetação. Para editar os textos da legenda, clicar com o botão direito do mouse na legenda

já inserida no mapa e escolher a opção **Convert to Graphics**. Clicar novamente com o botão direito na legenda e escolher a opção **Ungroup**. Se não estiver associado a um elemento gráfico, o texto já pode ser editado. Caso contrário, é preciso clicar com o botão direito no texto e escolher novamente a opção **Ungroup** e, em seguida, dar um duplo clique com o botão esquerdo no texto a ser editado. A janela de edição é mostrada. A janela **Properties** (Figura 39) também tem funções para alterar o posicionamento do texto e para alterações no tipo, tamanho e orientação da fonte. Os textos e elementos gráficos podem ser agrupados novamente. Basta seleccioná-los com o botão esquerdo do mouse mantendo pressionada a tecla **Control** e, em seguida, clicar com o botão direito nos elementos seleccionados e escolher a opção **Group** (Figura 39).

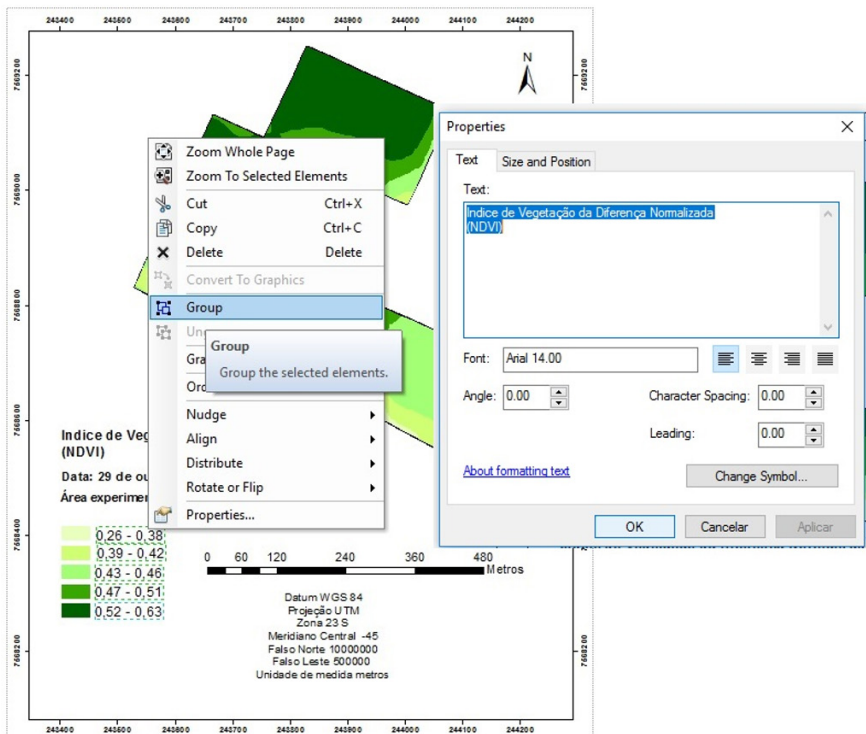


Figura 39. Janelas para edição de números e texto da legenda.

g) Após a conversão para gráfico, as alterações na legenda feitas por meio das propriedades e da simbologia dos *shapefiles* não são automaticamente transportadas para a legenda do mapa. Outros textos podem ser inseridos no mapa por meio do menu principal do ArcGIS. Para isso, é preciso clicar na opção **Insert** e escolher **Text**. A palavra “Text” é colocada dentro do layout do mapa. Para abrir a janela de edição de textos, dar um duplo clique com o botão esquerdo nessa palavra. Basta substituir a palavra “Text” pelo texto que se deseja incluir no mapa, como as informações sobre o *datum* e a projeção que constam da Figura 40.

h) No mapa da Figura 40, na legenda, o separador decimal dos números foi alterado de ponto para vírgula, etapa necessária para a preparação da figura para publicação em países que adotam a vírgula como separador decimal, como o Brasil. Contudo, a substituição de ponto por vírgula não é necessária se os números já apresentarem a vírgula como separador decimal, e o separador decimal usado pelo ArcGIS assume a mesma configuração usada no Windows.

i) Para que as coordenadas UTM tenham significado e o usuário possa localizar a área no globo terrestre, também são informados no mapa o fuso, o meridiano central, o falso Norte, o falso Leste e a unidade de medida (metros). O mapa da Figura 40 indica a variação do índice de vegetação (NDVI) para a pastagem de acordo com as faixas de valores e níveis de verde.

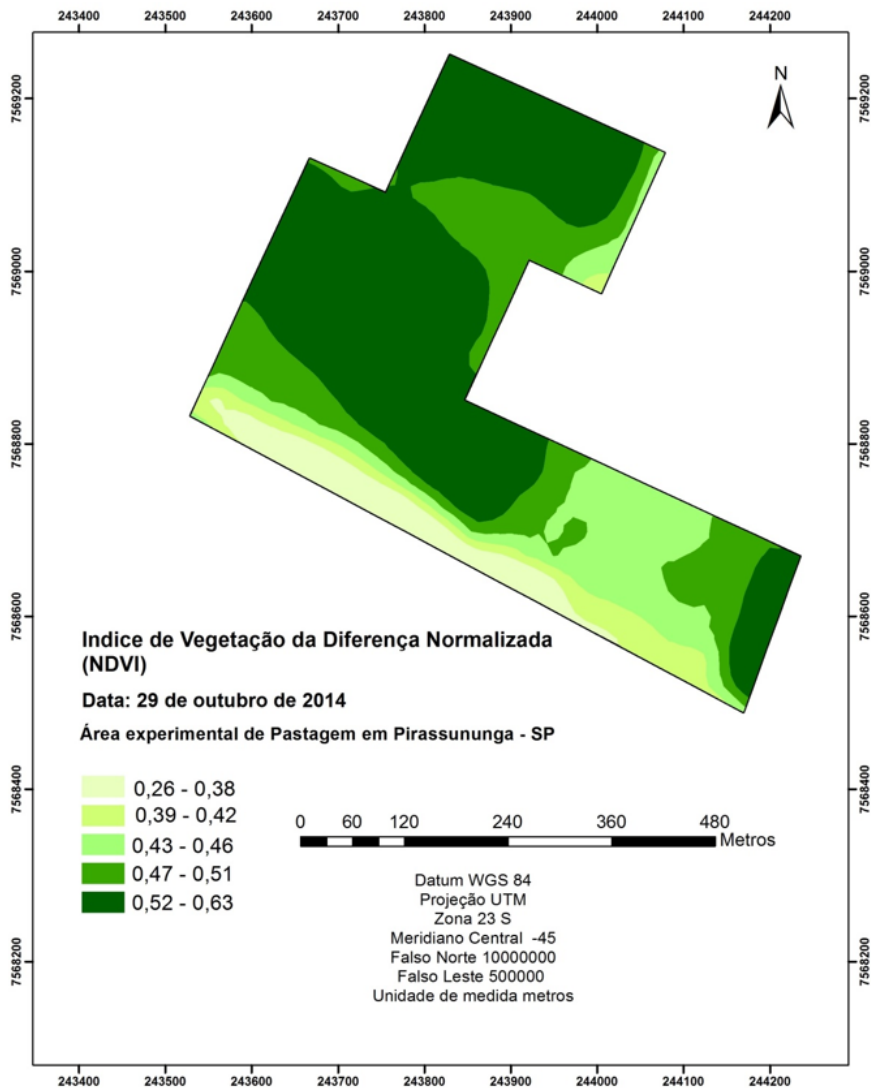


Figura 40. Mapa de classes de valores de NDVI.

Considerações finais

A confiabilidade da análise geostatística feita usando os dados primários em programa específico para esse fim traduziu-se em perfeita predição entre os valores medidos e os estimados na interpolação para a elaboração de mapas de faixa de valores de NDVI no programa ArcGIS.

A elaboração de mapas de krigagem usando o programa ArcGIS possibilita ao usuário representar cartograficamente o resultado da interpolação sem tendência e com variância mínima baseando-se, para isso, na análise geostatística.

Referências

GAMMA DESIGN SOFTWARE. **GS+**: Geostatistics for the Environmental Sciences. Plainwell, Michigan USA: Gamma Design Software, 2012. Disponível em: < <http://www.gammadesign.com/> >. Acesso em: 25 nov. 2016.

KRIGE, D. G. A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. **Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society of South Africa**, v. 52, n. 6, p. 119-139, Dec. 1951.

MANJOLIN, R. C.; GREGO, C. R.; NOGUEIRA, S. F.; RODRIGUES, C. A. G.; CONCEIÇÃO, M. P. C. Sistemas de produção em pecuária especializados quanto ao Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) derivado de imagens do satélite Landsat 8. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA 10., 2016, Campinas. **Anais...** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2016. p. 1-8. CIIC 2016.

MATHERON, G. **Traité de géostatistique appliquée**. Paris: Editions Technip, 1962. 333 p. Tome I: Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières, n. 14.

OLIVEIRA, R. P.; GREGO, C. R.; BRANDÃO, Z. N. **Geoestatística aplicada na agricultura de precisão utilizando o Vesper**. Embrapa: Brasília, DF, 2015. 152p.

SOARES, A. **Geoestatística para as ciências da terra e do ambiente**. 2. ed. Lisboa: Institu-

to Superior Técnico, 2006. 214 p. (Coleção Ensino da Ciência e da Tecnologia, 9).

VIEIRA, S. R.; XAVIER, M. A.; GREGO, C. R. Aplicações de geoestatística em pesquisas com cana-de-açúcar. In: DINARDO MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed). **Cana-de-açúcar**. Ribeirão Preto: Instituto Agrônomo de Campinas, 2008. p. 839-852.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V. V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-54.

VIEIRA, S. R.; MILLETE, J.; TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. In: ALVAREZ, V. V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2, p. 1-45.



Monitoramento por Satélite

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

