ESPAÇO EM REVISTA
ISSN: 1519-7816

# DEPENDÊNCIA ESPACIAL DA ALTIMETRIA DO CAMPUS COLINAS DO TOCANTINS – IFTO

**Danilo Gomes de Oliveira**
Professor Mestre em Engenharia Agrícola, Instituto Federal Goiano - Campus Posse (GO)
E-mail: danilo.oliveira@ifgoiano.edu.br

**Olavo da Costa Leite**
Doutorando em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Tocantins – Campus Gurupi (TO)
E-mail: olavol@hotmail.com

**Daniel Santana Colares**
Professor Mestre em Engenharia Agrícola, Instituto Federal do Tocantins, Campus Colinas do Tocantins (TO)
E-mail: daniel.colares@ifto.edu.br

**Resumo**
As formas do relevo podem ser indicadores da variação dos atributos do solo, pois essa variabilidade é causada por pequenas alterações do declive que afetam os processos pedogenéticos bem como o transporte e o armazenamento de água no perfil do solo. O objetivo deste trabalho é avaliar a variabilidade espacial da altimetria do campus do IFTO - Colinas do Tocantins, utilizando o método de krigagem ordinária, com o software AutoCad. Sendo estabelecido uma malha amostral, com intervalos regulares de 100 m, com um total de 60 pontos em uma área de 64 ha. Em cada ponto da malha será determinado a altimetria através da imagem georrefenciada utilizando as imagens do Google Earth. Os dados foram avaliados primeiramente por uma análise estatística exploratória, calculando-se a média, mediana, variância, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria, coeficiente de curtose e teste de normalidade. Posteriormente calculou-se a dependência espacial verificada por meio da técnica de geoestatística utilizando os semivariogramas, no software GS+ versão 7.0. Com mapas de contorno da altimetria foi possível fornecer subsídios para a tomada de decisão no manejo diferenciado das áreas de acordo com a declividade no sentido sudeste para os próximos anos. A utilização da geoestatística e a construção do mapa por meio da krigagem ordinária permitiram identificar zonas de manejo, para a altimetria do campus.
**Palavras-chave**: Variabilidade espacial. Geoestatística. Google Earth. Krigagem ordinária**.**

# DEPENDENCE SPACE CAMPUS ALTIMETRY HILLS OF TOCANTINS - IFTO

**Abstract**
The relief forms can be indicators of the variation of the soil attributes, since this variability is caused by small changes in the slope that affect the pedogenetic processes as well as the transport and storage of water in the soil profile. The objective of this work is to evaluate the spatial variability of the altimetry of the campus of IFTO - Colinas do Tocantins, using the ordinary kriging method, with AutoCad software. A sample mesh was established, with regular intervals of 100 m, with a total of 60 points in an area of 64 ha. At each point of the mesh, altimetry will be determined through the georeferenced image using Google Earth images. The data were first evaluated by an exploratory statistical analysis, calculating the mean, median, variance, coefficient of variation, asymmetry

coefficient, kurtosis coefficient and normality test. Subsequently, the spatial dependence verified using the geostatistical technique using the semivariograms in the GS + software version 7.0 was calculated. With contour maps of altimetry it was possible to provide subsidies for the decision making in the differentiated management of the areas according to the slope in the southeast towards the next years. The use of geostatistics and the construction of the map by means of the ordinary kriging allowed to identify zones of management, for the altimetry of the campus.
**Key-words**: Variabilidade espacial. Geoestatística. Google Earth, Krigagem ordinária**.**

## Introdução

O solo normalmente, por mais uniforme que seja, apresenta variações nos atributos físicos e químicos, mesmo em áreas consideradas homogêneas, até pertencentes a uma mesma classe de solo, existe variação espacial de determinados atributos a curtas distâncias (FILHO et al. 2009). Segundo Mendes et al. (2008), os atributos físicos do solo variam entre pontos relativamente próximos em área de mesma unidade taxonômica, muitas vezes de forma significativa.

A variabilidade espacial, ou seja, diferente característica de um mesmo local em pontos diferentes, juntamente com a altimetria, estudo e representação do relevo do solo, auxilia em levantamentos geoestatísticos de uma determinada região em diversos pontos diferentes onde o relevo, altitude e topografia podem ou não variar.

A altitude pode determinar vários processos que influenciam a produtividade das culturas tais como as perdas de rendimento associadas às geadas nas cotas mais baixas do terreno ou a incidência de doenças nos locais mais úmidos (ALBA, et al. 2011). De acordo com Schirmer e Trentin (2013) as mudanças ambientais além de ocorrerem naturalmente, também são influenciadas pela ação antrópica, e a compreensão destes processos são um fato importante na análise dos elementos que compõem a paisagem. Os autores ainda afirmam que neste processo a extração de informações da superfície terrestre através dos sensores orbitais tem sido amplamente difundida e possui diversas aplicações nos mais variados ramos da ciência, em especial nas ciências ambientais.

A determinação da altimetria pode trazer uma importante contribuição para as áreas agrícolas comerciais, notadamente naquelas com topografia suave ondulada a ondulada (ALBA et al. 2011).

O modelo numérico do terreno é importante para determinar a inclinação e capacidade de uso da terra (BARBOSA et al. 2011) e a representação digital da superfície do terreno é um importante fator quando se buscam ferramentas auxiliares à organização espacial do meio por geoestatística (ERDOGAN, 2009).

A geoestatística é um ramo da estatística que utiliza conceito de variáveis regionalizadas na avaliação de variabilidade espacial. Não se limita apenas em obter um modelo de dependência espacial, pretende também estimar valores de pontos nos locais onde não foram coletados como auxilio das ferramentas de Sistema de informação Geográficas (SIG), por nos oferecer coordenadas geográficas para visualizar em softwares (TOZI, 2000).

Os Sistemas de Informações Geográficas são definidos como um conjunto de programas, equipamentos, metodologias, dados e de pessoas (usuários), perfeitamente integrados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de dados georreferenciados, bem como a produção de informação derivada de sua aplicação, dessa forma melhoram o modo de como usamos os mapas e simplificam a realização das análises aliados aos sistemas GNSS (TOZI, 2000).

A obtenção de mapas altimétricos através da engenharia convencional é trabalhoso e dispendioso. O uso de receptores GNSS, para os produtores agrícolas tende a viabilizar a obtenção rápida de mapas altimétricos (CLARK, 1997). Segundo Yao e Clark (2000), em levantamentos altimétricos realizados de modo cinemático com receptores GPS, obtiveram um número suficiente de dados, de forma rápida e que garantiu detalhamento necessário para manejo de áreas agrícolas. O método mostrou-se altamente viável para obtenção de mapas altimétricos para agricultura de precisão.

Os mesmos autores sugerem a realização de passadas múltiplas em uma mesma área para a obtenção de mapas com maior acurácia, sendo o número ideal acima de 5 para diluição do erro. Johansen (2001) analisou a qualidade de mapas altimétricos obtidos com um receptor GPS com correção de sinal em tempo real (RTK, Real Time Kinematic), os mapas apresentaram correlação de 82% em relação aos dados obtidos de forma convencional.

No âmbito da geoestatística, o estudo da técnica auxilia os programas computacionais empregados na agricultura de precisão; ou seja, os dados gerados e ajustados da interpolação simples de dados (krigagem) servem como base para estimar a variabilidade espacial de determinada variável (MONTANARI et al. 2015).

A modelagem de variáveis ambientais requer, na maioria das vezes, a estimativa de valores não amostrados, sendo necessário o emprego de métodos de interpolação.

Para Miranda (2015) é necessário levar em consideração entre as observações de combinação de valores amostrados adjacentes, havendo modelo geoestatística, considerando a localização geográfica e a sua dependência espacial. Portanto, a utilização dessa ferramenta,

permitirá entender a variabilidade espacial da altitude permitindo identificar manejar as áreas conforme necessidade ambiental (Matias et al. 2015).

As ferramentas da geoestatística permitem a análise de dependência espacial, como também, a estimativa de dados, para locais não amostrados, através de um estimador sem tendenciosidade (RIBEIRO et al. 2006). Em um local onde o relevo e altimetria são variáveis há riscos possíveis de erosão de solo por chuva ou erosão eólica (causadas na maioria das vezes por máquinas no preparo do solo), enchentes (se o local for próximo há algum rio) e/ou alagamentos de áreas agricultáveis ou construções. O conhecimento mais detalhado da variabilidade espacial dos atributos físicos do solo poderá servir de subsidio para a determinação de estratégias específicas (TERRA et al. 2011).

A ferramenta de análise geoestatística se constitui na maneira mais correta que se tem conhecimento para analisar a variabilidade espacial (VIEIRA, 2000). Entre as aplicações da geoestatística voltadas para prover informações em suporte da agricultura estão à caracterização e a modelagem espacial e temporal, das quais resulta a produção de mapas precisos para bases de informação da área de produção (McBRATNEY et al. 2005).

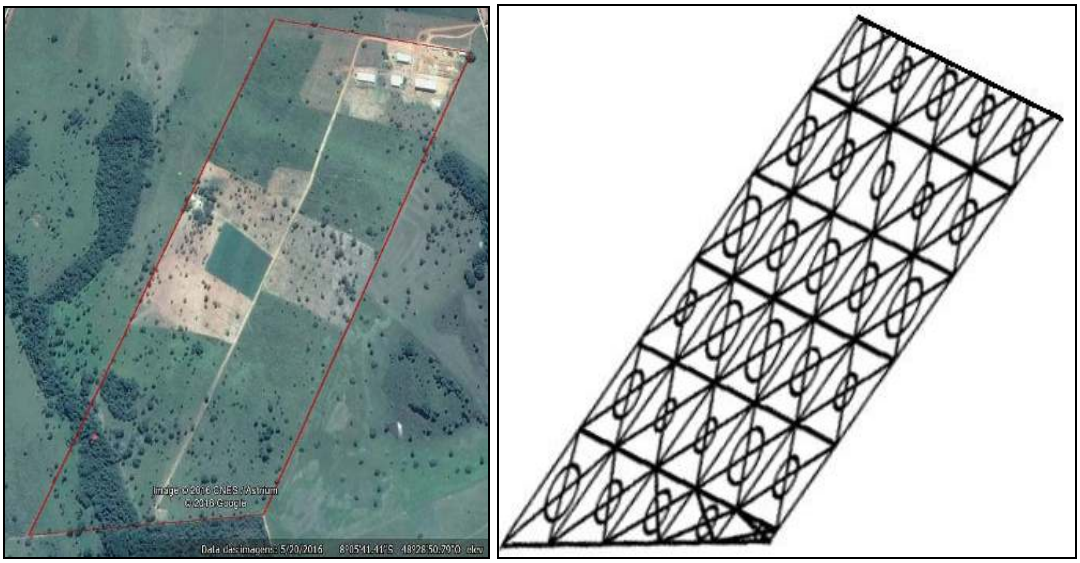
Siqueira et al. (2008) enfatiza que o conhecimento do comportamento espacial de um atributo possibilita ainda realizar uma amostragem com o menor número possível de amostras, mas com representatividade adequada. Dessa forma, análise multitemporal da área, possibilita avaliar a altimetria real do ambiente, mostrando os possíveis problemas ambientais que pode ocorrer através da declividade, sendo que, o monitoramento através das imagens contribui para buscar técnicas apropriadas ao uso e ocupação do solo.

Com isso o objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial da altimetria do campus do IFTO - Colinas do Tocantins utilizando o método de krigagem ordinária.

## Material e métodos

Este trabalho foi realizado na área rural de Colinas do Tocantins, de forma indireta, por imagem de satélite proveniente do software Google Earth, precisamente no IFTO-Campus Colinas do Tocantins, cuja localização está nas coordenadas 8° 5'41.08"S, 48°28'43.84"W e com área demarcada de aproximadamente 634232 m² (Figura 1A). No software AutoCad (versão 2013) foi construída uma malha amostral de 100mx100m, totalizando 60 pontos, colocado um círculo no centro para obtenção das coordenadas em UTM (Figura1B) e inserção das coordenadas numa planilha do software Excel (Versão 2010).

**Figura 1** – Delimitação da área onde foram coletados os dados de altitude analisados

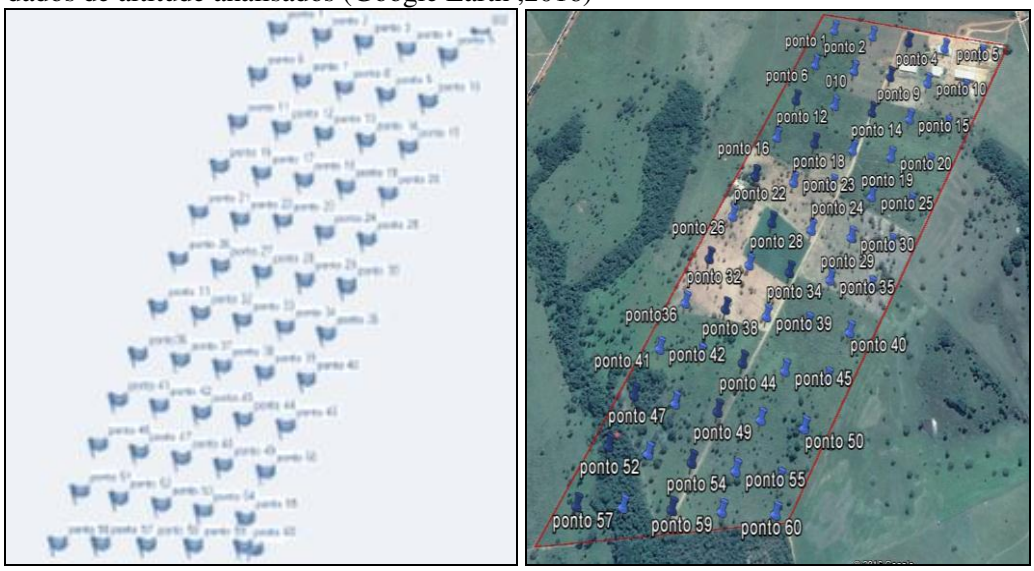


(A) (B)

**Fonte**: Google Earth (2016).

Em seguida, no software Map Source as coordenadas coletadas no AutoCad foram inseridas e foram determinando a localização de cada um dos 60 pontos (FIGURA 2A). Com o mesmo software, na ferramenta, exibir no Google Earth, foi possível verificar se havia ocorrido algum erro no momento de coleta e inserção das coordenadas, (FIGURA 2B).

**Figura 2** – Coordenadas geográficas do software MapSouce, de acordo com os dados de altitude analisados (Google Earth ,2016)




(A) (B)

**Fonte**: Google Earth (2016).

Para análise exploratória da altimetria do Campus de Colinas do Tocantins foram utilizadas a análise da estatística descritiva, utilizando o programa Excel 2013. Para identificar a estrutura da dependência espacial da altimetria do campus do IFTO - Colinas do Tocantins utilizou-se a geoestatistica e a partir dos valores de semivariância construiu-se semivariogramas experimentais para o conjunto de dados e em seguida gerados pelo programa GS+ versão 7.0 (Gamma Design Software®).

Os modelos foram classificados de acordo com a validação cruzada e a classificação da dependência espacial, segundo Dalchiavon et al. (2012), determinado atributo pode ser considerado com forte, moderada ou fraca dependência espacial, em função da relação entre o efeito (C0) pepita puro e o patamar (C0+C1) do semivariograma ajustado. A análise da relação C0/(C0+C1) permite quantificar a proporção do componente aleatório (C0) na variância total (C0+C1). A dependência espacial pode ser classificada em forte, se GD ≤ 25%; moderada, se 25% < GD ≤ 75% e fraca, se GD > 75%.

**Resultados e discussão**

Foi realizada uma análise descritiva, com finalidade de descrever os dados amostrais por meio de medidas de posição e de dispersão, utilizadas como ferramenta auxiliar, para complementar o comportamento da variável estudada. Neste sentido, foi realizada uma análise descritiva para complementar o comportamento da variável estudada (Tabela 1). Foi realizada análise descritiva dos dados para determinação da média, mediana, valores mínimos e máximos, coeficientes de variação, assimetria e curtose da área de estudo.

Observou-se que a mediana da altimetria das 60 amostras coletadas é de 219 e a variância da amostra é de 18,11m, sendo o mínimo 211m e o máximo 228m. Pode-se observar que a uma diferença de 17 m entre o máximo e o mínimo, no entanto os dados apresentaram coeficiente de variação (1,94%), classificado segundo Cruz et al. (2012), como baixo (10%<CV), mostrando uma satisfatória repartição dos pontos com relação à altitude, constatando-se valores similares de média e mediana.

O modelo matemático que melhor ajustou-se ao semivariograma foi o Gaussiano (Tabela 1), apresentando muito baixa dependência espacial segundo a classificação de Dalchiavon et al. (2012).

Barbosa et al. (2011), demostra em seu trabalho em relação ao modelo numérico do terreno obtido por diferentes métodos de aquisição de dados em cartas planialtimétricas,

verifica-se alta dependência espacial representado pelo semivariograma de modelo exponencial. No entanto, Valeriano (2003) avaliando o mapeamento da declividade em microbacias com Sistemas de Informação Geográfica também encontrou fraca dependência espacial. Portando, a utilização de geotecnologias pode ajudar de forma eficaz no mapeamento do uso e ocupação do solo, proporcionando melhor zona de manejo ambiental em conjuntura na utilização de técnicas de bacias de contenção, medida de terraceamento no controle de erosões laminares e lineares.

Conforme apresentado na Tabela 1, os parâmetros do modelo ajustado ao semivariograma experimental pela análise geoestatística, foi obtido para a altimetria do campus do IFTO - Colinas do Tocantins, avaliando a geoestatistica o alcance exposto pelo semivariograma ajustado mostrara um valor de 563 m. Contudo, a análise do semivariograma permite deduzir que o grid utilizado para a amostragem foi eficiente para obter dados representativos da área, pois nenhum dos alcances foi menor do que a menor distância entre os pontos amostrados.

O alcance nos permite identificar que os dados que se encontram acima dele (alcance) não se correlacionam espacialmente, pois representa uma região de influência que separa as observações correlacionadas das independentes (ANDRIOTTI, 2013).

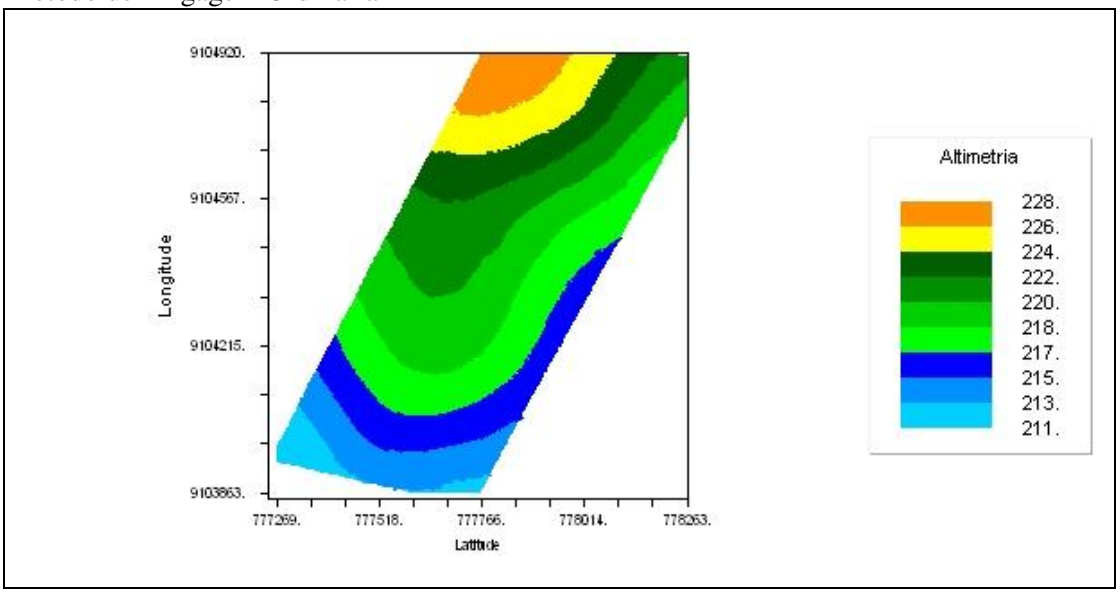
**Tabela 1** - Estatística descritiva dos dados resultantes da subtração dos mapas de altitude de duas colheitas consecutivas e Modelos teóricos dos semivariogramas ajustados para a variável altimetria do campus colinas do Tocantins

| | **Estatística Descritiva** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Média | Mínimo | Máximo | Mediana | Assimetria | Curtose | D. P | CV |
| **Altitude** | 218 | 211 | 227 | 219 | 0.014 | -0,57 | 4,25 | 1,94 |
| | **Geoestatística** | | | | | | | |
| | Modelo | Co | Co+C1 | A | $R^2$ | SS | GDE% | |
| | Gaussiano | 0,89 | 30,58 | 563,0 | 0,95 | $3{,}4.10^8$ | 2,91 | |

D.P- Desvio padrão; Co – efeito pepita; Co+ C1 – patamar; a – alcance (m); GDE = Co/(Co+ C1) – grau de dependência (%). GDE – Grau de dependência espacial (muito baixa < 20%; baixa 20 a 40%; c) média 40 a 60%; d) alta 60 a 80%; muito alta 80 a 100% e efeito pepita puro 100%) segundo classificação proposta por Dalchiavon et al. (2012).

Com o auxílio do programa GS+ (versão 7.0) foi possível confeccionar os mapas de contorno que tem como objetivo verificar a distribuição espacial da variável na área estudada.

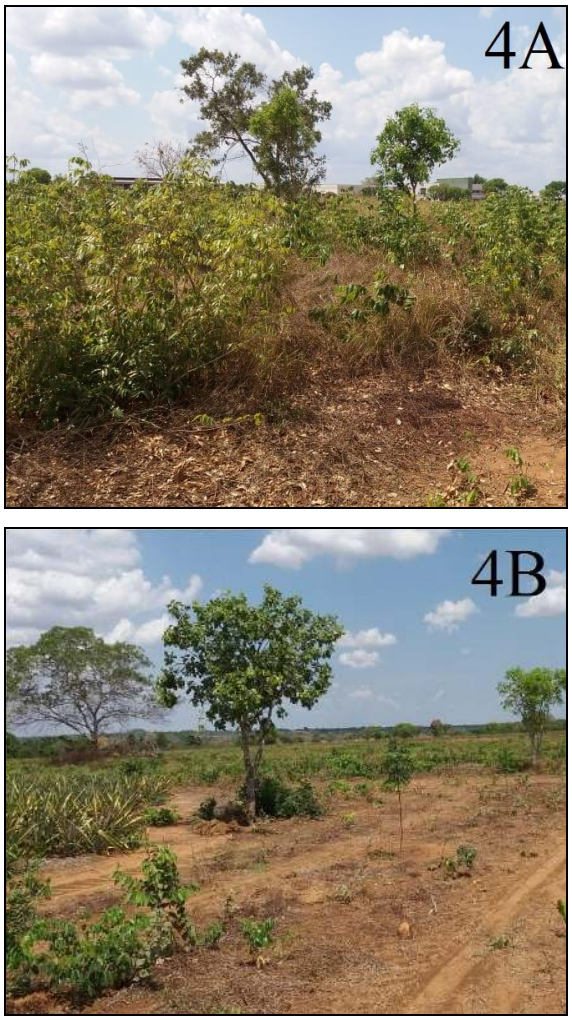
**Figura 3** – Mapa Geoespacial do altimetria do campus do IFTO - Colinas do Tocantins pelo método de Krigagem Ordinaria




Os mapas de variabilidade espacial da altitude é apresentado na Figura 3. A geoespacialização da altitude apresenta-se de forma decrescente à medida que se aproxima da região sul do mapa, exibindo picos mais altos na região norte, apesar de uma pequena área da região sul apresentar valores de 211m – 213 m, sendo a classe que apresenta menor altitude no campus do IFTO - Colinas do Tocantins, região está próxima ao riacho da região.

Figura 4 apresenta-se uso e ocupação de parte da área descrita acima, onde a (4A) representada pelo estado da área, depois de abandonada após o cultivo, conhecido como "capoeira", vegetação de baixo porte, e (4B) vegetação alterada pela ação antrópica para plantio de pastagem (atividade agropecuária e plantação de abacaxi), sendo vegetação rala de forma geral, não possuem movimento de processos erosivos ambas as partes, isso está relacionado com o uso de cobertura, fornecendo para ter maior presença infiltração do solo.

**Figura 4** – Capoeira (4A) e de agropecuária extensiva (4B), campus do IFTO - Colinas do Tocantins




## Conclusão

Os resultados obtidos mostraram que existe diferença de 17 metros da parte norte e sul do mapa de altimetria do IFTO. Nesse sentido, o modelo que melhor se ajustou foi o Gaussiano. Vale destacar, o campus possui uma linha de drenagem no sentido sudeste do mapa com a parte mais alta de 228 e a mais baixa de 211m.

A utilização da geoestatística e a construção do mapa por meio da krigagem ordinária permitiram identificar zonas de manejo, para a altimetria do campus.

Conclui-se que o mapa de altimetria proporcionará maior acessibilidade zonas de manejo ambiental, utilizando técnicas de conservação do uso do solo, como bacias de contenção, terraceamento para o controle de erosões laminares e lineares. Possibilitando a instituição buscar melhor eficiência em relação a preservação ambiental.

## REFERÊNCIAS

ALBA, P. J.; AMADO, T. J. C.; GIOTTO, E.; FIORIN, D. S. J. E. Agricultura de precisão: mapas de rendimento e de atributos de Solo analisados em três dimensões. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 7, n. 13, 2011.

ANDRIOTTI, J. L. S; **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**. 3. ed. Editora UNISINOS. 2013. 166 p.

BARBOSA, A. P.; SILVA, A. F.; ZIMBACK, C. R. L. Modelo numérico do terreno obtido por diferentes métodos de aquisição de dados em cartas planialtimétricas. In. I Simpósio de Geoestatística em Ciências Agrárias ISSN: 2236-2118, 2011. **Anais**... Botucatu, 2011.

CLARK, R. L.; LEE, R. **Development of topographic maps for precision farming with Kinematic GPS. ASEA paper**, n. 971035, Minneapolis, Minnesota, 1997.

CRUZ, E. A.; MOREIRA, G. R.; PAULA, M. O.; OLIVEIRA, A. C. M. Coeficiente de variação como medida de precisão em experimentos com tomate em ambiente protegido. **Enciclopédia Biosfera,** Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, n.14, 2012, p. 220.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob Sistema Plantio Direto. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v. 43, n. 3, 2012.

ERDOGAN, S. **A comparision of interpolation methods for producing digital elevation models at the field scale**. Earth Surf. Process. Landforms, v. 34, p. 366–376, 2009.

FILHO, G. R.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R.; BINOTTI, F. F. S.; GIOIA, M. T. Variabilidade da produtividade da soja em função de atributos físicos de um latossolo vermelho distroférrico sob plantio direto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Ilha Solteira, v. 33, p. 283-293, 2009.

JOHANSEN, D.P.; CLAY, D.E.; CARLSON, C.G.; STANGE, K.W.; CLAY, S.A.A.; MALO, D.D.; SCUMACHER, J. A.A. Vertical accuracy of two differentially correct global positiong satellite systems. **Journal of Soil Water Conservation**. v. 53, n. 3, 2001. p. 198-201.

MATIAS, S. S. R.; NÓBREGA, J. S. A.; NÓBREGA, R. S. A.; ANDRADE, F. R.; BAPTISTEL, A. C.; COSTA, T. K. G. Variabilidade espacial de atributos químicos em Latossolo cultivado de modo convencional com soja no cerrado piauiense. **Revista Agro@mbiente**, v. 9, n. 1, p. 17-26, 2015.

MCBRATNEY, A. B.; WHELAN, B. M.; ANCEV, T.; **BOUMA,J. Future directions of Precision Agriculture.** Precision Agriculture, v. 6, n. 1, p. 1-17, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11119-005-0681-8>.

MENDES, A. M. S.; FONTES, R. L. F.; OLIVEIRA, M. Variabilidade espacial da textura de dois solos do deserto salino, no Estado do Rio Grande do Norte. **Rev. Ciência Agronômica**, v. 39, n. 01, p. 19-27, 2008.

MIRANDA, C. S.; FILHO, A. C. P.; LASTORIA, G. Aplicação da geoestátistica no estudo da variabilidade espacial da piezometria. In: **XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2015. Anais... João Pessoa, 2015.

MONTANARI, R.; PANACHUKI, E.; LOVERA, L. H.; CORREA, A. R.; OLIVEIRA, I. S.; QUEIROZ, H. A.; TOMAZ, P. K. Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e de atributos do solo na região do ecótono Cerrado-Pantanal, MS. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, n. 39. p.385-396, 2015.

RIBEIRO, A. I.; LONGO, R. M.; FILHO, A. T.; MELO, W. J. Diagnóstico de uma área compactada por atividade minerária, na floresta amazônica, empregando métodos geoestatísticos à variável resistência mecânica à penetração do solo, **Acta Amazônica**, v. 36, 2006, p. 83-90.

SCHIRMER, G. J.; TRENTIN, R. Relação entre declividade e usos da terra a partir da classificação de imagens de satélite nos municípios de Dona Francisca, Faxinal do Soturno e Nova Palma. In. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013. **Anais**... Foz do Iguaçu, 2013.

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

TERRA, V. S. S.; REISSER JUNIOR, C.; TIMM, L. C.; CARVALHO, F. L. C.; PEREIRA, J. F. M. **Variabilidade espacial dos atributos físicos numa área cultivada com pêssego**. In: INAMASU, R. Y et al (Org.). Agricultura de precisão: um novo olhar. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 212-216.

TOZI, F. A., **Sistemas de Informação Geográfica na Agricultura**. In: BALASTREIRE, L. A. (Ed.). O Estado da arte da agricultura de precisão no Brasil. Ed. do Autor: Piracicaba, 2000. p. 187-192.

VALERIANO, M. M. **Mapeamento da declividade em microbacias com Sistemas de Informação Geográfica**.

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

YAO, H. B.; CLARK, R. L. **Development of topographic maps for precision farming with medium accuracy GPS receiver**. Applied Engineering in Agriculture, St. Joseph, v. 16, n. 6, p. 629- 636, 2000.

_____
Recebido em: 26 mar. 2018
Aceito para publicação em: 13 de out. 2018