

Distribuição da lâmina de água por aspersão em diferentes arranjos de sobreposição

Carlos Cesar Silva Jardim¹; Anamari Viegas de Araújo Motomiya²; Egas Jose Armando³; Rosilene Oliveira dos Santos¹; Rogerio Alves de Oliveira⁴

¹ Eng. Agrônomo (a), mestrando em Engenharia Agrícola, UFGD; ²professora na Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD; ³ Licenciatura em Produção Agrícola, mestrando em Engenharia Agrícola, UFGD; ⁴ Eng. Agrícola, mestrando em Engenharia Agrícola, UFGD.

Resumo

As simulações de fenômenos que ocorrem no meio agrícola são usualmente realizadas para a verificação da eficiência de um determinado processo, e também utilizada para recomendação através da interpretação do comportamento da variável dentro da unidade de estudo. O objetivo desse presente estudo foi avaliar a distribuição da lamina de água da irrigação por aspersão utilizando a simulação de diferentes arranjos de espaçamento. O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, utilizando o aspersor Agropolo IS 30° com a pressão de 15 m.c.a. As coletas foram realizadas em uma malha regular espaçada de 1,6 metros entre pontos, totalizando 36 amostras por quadrante. As avaliações foram feitas nos fracionamentos em 0%, 16.66%, 33.33% e 50% de sobreposição do diâmetro da área molhada. Após a coleta e tabulação dos dados, foram realizadas as análises exploratórias dos dados, com as medidas de posição e dispersão, e posteriormente a análise geoestatística com o auxílio do software GS+ v 7.0. Conclui-se que o arranjo de 33,33% apresentou uma maior uniformidade tanto utilizando a geoestatística, quanto a estatística descritiva. Há ressalvas para o uso do arranjo de 50%, visto que os dados aqui discutidos são modelados através de uma simulação sem interferência climática.

Palavras chave: Geoestatística; irrigação; simulação

Distribuição da lâmina de água por aspersão em diferentes arranjos de sobreposição

Resumo

As simulações de fenômenos que ocorrem no meio agrícola são usualmente realizadas para a verificação da eficiência de um determinado processo, e também utilizada para recomendação através da interpretação do comportamento da variável dentro da unidade de estudo. O objetivo desse presente estudo foi avaliar a distribuição da lâmina de água da irrigação por aspersão utilizando a simulação de diferentes arranjos de espaçamento. O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, utilizando o aspersor Agropolo IS 30° com a pressão de 15 m.c.a. As coletas foram realizadas em uma malha regular espaçada de 1,6 metros entre pontos, totalizando 36 amostras por quadrante. As avaliações foram feitas nos fracionamentos em 0%, 16.66%, 33.33% e 50% de sobreposição do diâmetro da área molhada. Após a coleta e tabulação dos dados, foram realizadas as análises exploratórias dos dados, com as medidas de posição e dispersão, e posteriormente a análise geoestatística com o auxílio do software GS+ v 7.0. Conclui-se que o arranjo de 33,33% apresentou uma maior uniformidade tanto utilizando a geoestatística, quanto a estatística descritiva. Há ressalvas para o uso do arranjo de 50%, visto que os dados aqui discutidos são modelados através de uma simulação sem interferência climática.

Palavras chave: Geoestatística; irrigação; simulação

Introdução

O fator determinante para o desenvolvimento das plantas é a disponibilidade de água, pois é o principal constituinte da massa fresca, conferindo-as reservas de recursos hídricos até atingirem seu ponto de murcha (TAIZ; ZEIGER 2013). Para suprir a demanda de água nos meses sem precipitação, deve-se utilizar a irrigação, que deve ser planejada a fim de atender as necessidades hídricas da cultura e não onerar os custos de produção (FREITAS PIRES et al., 2009).

Dentro da escolha do método de irrigação, deve-se priorizar os que são mais eficientes no uso da água e que evite danos mecânicos as plantas. Para irrigar olerícolas, prefere-se métodos que se enquadram nos métodos de aspersão e irrigação localizada (FILGUEIRA, 2008). A irrigação também deve atender as características das plantas onde serão instaladas, pois o porte e a sensibilidade da cultura será um dos fatores da escolha do método a ser utilizado (FREITAS PIRES et al., 2009).

Segundo PERBONI et al. (2014), os sistemas de irrigação por aspersão possuem perdas de eficiência de aplicação, e com isso há uma necessidade de conhecer o perfil da distribuição espacial da lâmina de água, pois deve-se sempre atentar para que haja uma distribuição de água próxima da lâmina calculada. Áreas que o emissor distribui mais água, as plantas podem sofrer estresse hídrico, e áreas que o emissor não atende satisfatoriamente, as plantas irão enfrentar um déficit hídrico.

Atualmente, existe uma crescente preocupação com a uniformidade da distribuição da água utilizada na irrigação, e com isso houve um grande avanço por parte da pesquisa em melhorar os tipos de emissores. Levando em consideração todos os fatores que englobam a cadeia produtiva, os custos diretos e indiretos que envolvem a utilização dos recursos naturais, todo e qualquer tipo de planejamento deve considerar a aplicação uniforme e eficiente da água. (HEINEMANN et al., 1998).

As simulações de fenômenos que ocorrem no meio agrícola são usualmente realizadas para a verificação da eficiência de um determinado processo, e também utilizada para recomendação através da interpretação do comportamento da variável dentro da unidade de estudo. O objetivo desse presente estudo foi avaliar a distribuição da lamina de água da irrigação por aspersão utilizando a simulação de diferentes arranjos de espaçamento.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, utilizando a parcela destinada a linha de pesquisa Água e Solo. Foi utilizado o aspersor Agropolo IS 30° bocal preto, cuja a pressão de trabalho máxima é de 40 m.c.a. onde atinge um diâmetro máximo de área molhada de 29 metros, porém esse emissor apresenta uma grande versatilidade para uso em baixas pressões, apresentando assim um menor diâmetro de avaliação. A pressão utilizada foi de 15 m.c.a., com um diâmetro de avaliação com 16 metros.

As coletas foram realizadas em uma malha regular espaçada de 1,6 metros entre pontos, onde a distância entre pontos foi definida de acordo com o diâmetro da área molhada pelo emissor. As coordenadas do plano experimental foram referenciadas de acordo como plano cartesiano formado pela malha amostral, iniciando de X_1, Y_1 e finalizando em X_n, Y_n , de acordo com o número de amostras necessárias para a descrição do comportamento das lâminas de irrigações aplicadas, totalizando 36 amostras por quadrante.

Os pontos amostrais foram coletados em quadrantes, para avaliação do espaçamento entre linhas e entre aspersores. Os arranjos de sobreposição dos emissores foram diagramados de acordo com o diâmetro da área molhada do emissor estudado, onde segundo a recomendação técnica de sobreposição é de cerca de 50%, sendo que para fins de avaliação foram feitos os fracionamentos em 0%, 16.66%, 33.33% e 50% do diâmetro da área molhada (**figura 1**). Em cada ponto amostral foram instalados recipientes para a coleta da água aspergida e posteriormente aferidos os volumes coletados, onde realizou-se a análise exploratória dos dados brutos.

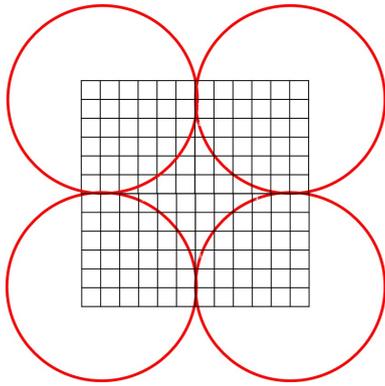


Figura 1a. Arranjo dos emissores com 0% de sobreposição

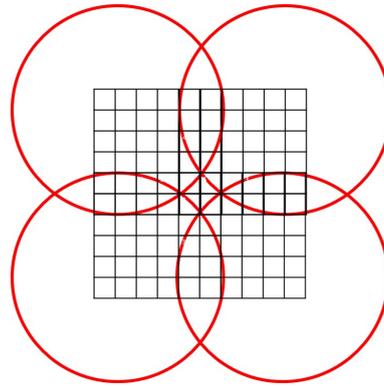


Figura 1b. Arranjo dos emissores com 16.66% de sobreposição

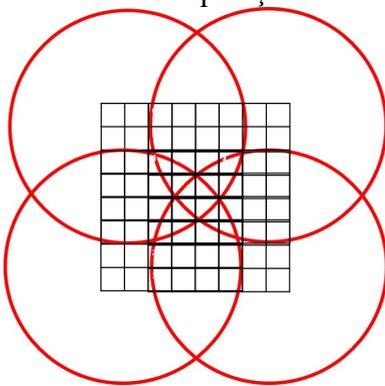


Figura 1c. Arranjo dos emissores com 33.33% de sobreposição

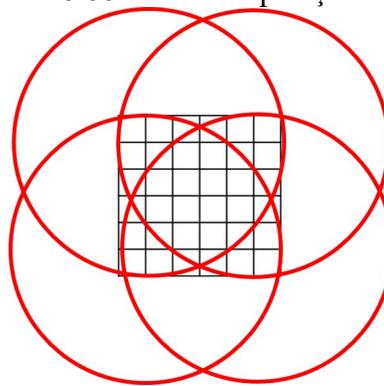


Figura 1d. Arranjo dos emissores com 50% de sobreposição

Para a avaliação do perfil de distribuição de água pelo emissor, foram coletadas as laminas de irrigação pelo período de 60 minutos, onde cada recipiente foi identificado e seu volume aferido com auxílio de uma proveta com a precisão de ± 0.5 ml. Considerando a interferência dos fatores climáticos sob a distribuição da água, procurou-se realizar o experimento no momento em que houvesse a menor interferência de ventos.

Após a coleta e tabulação dos dados, foram realizadas as análises exploratórias dos dados, com as medidas de posição e dispersão, e posteriormente a análise geoestatística com o auxílio do software GS+ v 7.0 (ROBERTSON, 2004), onde elaborou-se um ajuste das semivariâncias dos dados de acordo com a distância entre os mesmos elaborando assim um semivariograma experimental. As escolhas dos semivariogramas forma realizadas de acordo com os que apresentaram maior coeficiente de determinação (R^2) e menor soma de quadrado de resíduos (SQR), onde foram avaliados a existência de dependência espacial com a análise dos atributos das amostras: Efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C$), alcance, modelo, e índice de dependência espacial de acordo com a equação proposta por Cambardella et al. (1994), conforme a formula seguir: $IDE = C_0 / (C_0 + C)$

A dependência espacial será considerada forte para valores até 25%, entre 25% a 75% será moderada e acima de 75%, fraca. Com base nos mapas de isolinhas que foram elaborados com os dados e com a estatística descritiva, foram avaliadas visualmente as faixas de sobreposição e a intensidade no qual esse processo está ocorrendo.

Resultados e discussão

Estatística descritiva

Analisando a Tabela 1, podemos observar o comportamento das variáveis com base nas medidas de posição, onde cada arranjo de sobreposição demonstrou um comportamento característico, sendo que para as sobreposições de 0% a 33.33% não houve acréscimo na lamina de agua aplicada, isso evidenciado pela máxima constante, porem a mínima foi substancialmente alterada assim que houve o aumento da sobreposição.

Pode-se observar que somente o arranjo de 0% de sobreposição não apresentou a moda próximo dos valores da média, isso é devido os aspersores trabalharem em formato circular, e quando não há sobreposição existe a formação de zonas não irrigadas entre os mesmos, sendo que quando há a sobreposição acima de 16,66% os valores que foram encontrados em maior número de vezes foi semelhante à média geral das amostras. O comportamento de distribuição foi confirmado analisando a mediana, sendo que apenas para o primeiro arranjo que houve diferença, isso devido o perfil de distribuição do emissor possuir menor distribuição na periferia da circunferência formada pelo mesmo.

Tabela 1. Estatística descritiva com medidas de posição

Variável	máxima	mínima	moda	media	mediana	1 ° Qtl*	2° Qtl*	3° Qtl*
0% sobreposição	30.00	0.00	7.00	12.22	11.50	7.00	11.50	16.25
16.66% sobreposição	30.00	3.00	18.00	17.60	18.00	14.00	18.00	21.00
33.33% sobreposição	30.00	24.00	27.00	27.50	27.00	27.00	27.00	29.00
50% sobreposição	57.00	40.00	48.00	48.89	48.00	45.00	48.00	54.00

*Qtl=Quartil

Analisando a tabela 2, as medidas de dispersão demonstram que através desses dados se encontre o melhor arranjo de sobreposição, onde se preconiza os que possuem maior uniformidade de distribuição, podendo observar que tal comportamento pode ser descrito avaliando a amplitude, variância, desvio padrão e coeficiente de variação, sendo que para os arranjos de 0% e 16,66% possuem valores altos inferindo uma baixa homogeneidade, sendo que para o arranjo de 33.33% e 50%, possui uma baixa amplitude e baixo coeficiente de variação, demonstrando uma alta homogeneidade.

A distribuição dos dados pode ser considerada normal, visto que os índices de assimetria e curtose estão baixos, sendo que para assimetria, na distribuição há uma leve assimetria a esquerda (negativa) para todos os dados, exceto para o arranjo de 0% que apresenta uma assimetria a direita (positiva), isto acontece devido o comportamento da moda e mediana em cada variável. Para curtose, todos as variáveis tiveram comportamento leptocúrtico, exceto o arranjo de 16,66% que apresentou comportamento platicúrtico, essa classificação é devido ao índice de curtose.

Tabela 2. Estatística descritiva com medidas de dispersão

Variável	amplitude	intervalo interquartil	variância	desvio padrão	CV%	assimetria	curtose
0% sobreposição	30.00	9.25	66.19	8.14	66.56	0.44	-0.47
16.66% sobreposição	27.00	7.00	39.84	6.31	35.86	-0.01	-0.05
33.33% sobreposição	6.00	2.00	3.17	1.78	6.48	-0.24	-0.68
50% sobreposição	17.00	9.00	27.30	5.23	10.69	-0.07	-0.96

Geoestatística

A análise geoestatística é a verificação do comportamento dos atributos avaliados dentro do espaço, conhecido por um par de coordenadas, e a modelagem matemática para a interpolação dos atributos na estimativa de valores não amostrados. De acordo com os parâmetros encontrados por cada avaliação, pode-se caracterizar e comparar diferentes variáveis em diferentes condições.

De acordo com a tabela 3, as variáveis se comportaram de diferentes formas de acordo com um arranjo de sobreposição avaliado, sendo que os parâmetros utilizados foram as propriedades do semivariograma. O modelo do semivariograma é a característica de como as semivariâncias se comportam de acordo com a distância de separação, sendo que todos os arranjos se modelaram como gaussiano, com exceção da avaliação de 33,33% que se comportou de com modelo esférico.

Tabela 03. Propriedades dos semivariogramas na análise geoestatística

Variável	modelo	Alcance(cm)	C ₀ +C	C ₀	IDE (%)	SQR	R ²
0% sobreposição	gaussiano	511	86.51	0.1	0.1155	119.0	0.98
16.66% sobreposição	gaussiano	440	57.12	0.1	0.1750	28.9	0.98
33.33% sobreposição	esférico	257	3.34	0.17	5.0898	0.61	0.14
50% sobreposição	gaussiano	243	37.23	3	8.0580	1.03	0.99

Avaliação do alcance da dependência espacial deve-se considerar a maior distância entre os pontos avaliados, sendo que o alcance deve ser menor do que o ponto mais distante do emissor utilizado, que nessa avaliação possui o raio de 8 m. O alcance de todas as variáveis foi menor que o ponto mais distante, demonstrando que há uma modelagem matemática que é capaz de interpolar e explicar a variação dos dados. A avaliação do patamar é a verificação da variação dos dados de acordo com a distância entre eles, sendo que para dados com alta variabilidade, apresentam patamar elevado, onde a maior variabilidade foi encontrada na avaliação de 0%, e a menor foi encontrada na avaliação de 33,33%.

O efeito pepita também demonstra a correlação da variabilidade dos dados de acordo com a distância em que os separam, sendo que o ideal seria que os dados apresentassem o menor efeito pepita possível sendo possível elaborar semivariogramas, com modelos com a capacidade de estimar os dados. Para todas as avaliações pode-se observar um baixo efeito pepita, sendo isso uma característica de semivariogramas isotrópicos.

De acordo com Cambardella et al. (1994), o grau de dependência espacial é uma relação entre efeito pepita e o patamar, com sua classificação, sendo que todos os modelos apresentaram forte dependência espacial. A qualidade dos modelos foi garantida, visto que possuem o maior coeficiente de determinação (R^2) e menor soma de quadrado de resíduos (SQR) possível, mesmo o do arranjo de 33,33%, onde não foi possível ajustar um maior R^2 .

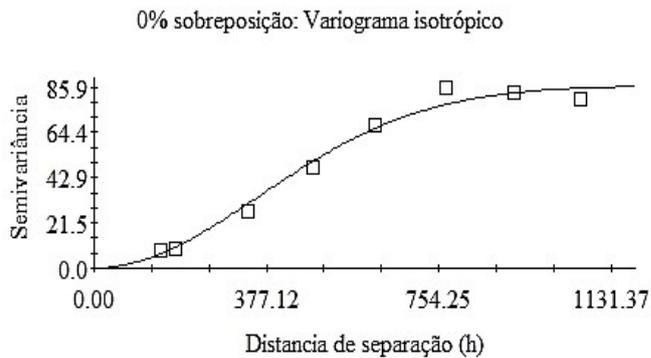


Figura 2a. Semivariograma experimental para o arranjo com 0% de sobreposição

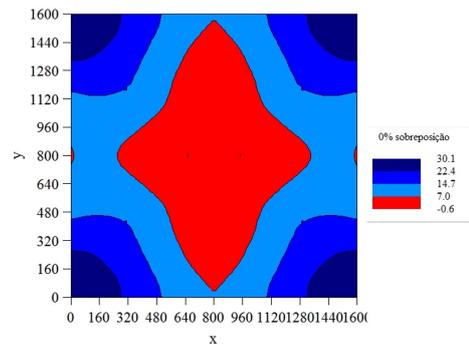


Figura 2b. Mapa de isolinhas para o arranjo com 0% de sobreposição

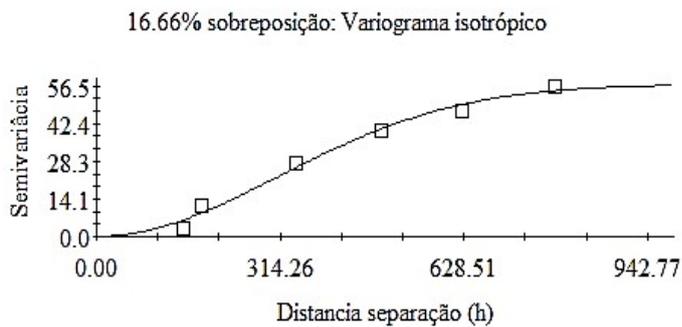


Figura 3a. Semivariograma experimental para o arranjo com 16.66% de sobreposição

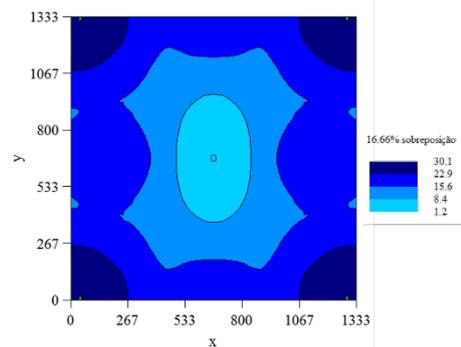


Figura 3b. Mapa de isolinhas para o arranjo com 20% de sobreposição

De acordo com a figura 1a, não existem áreas de sobreposição dos emissores, sendo demonstrado graficamente no mapa de isolinhas (**figura 2b**) que possui uma área em que não existe a cobertura pela lamina aplicada. O mesmo ocorre para a figura 1b, onde ainda existe uma pequena área onde não há a sobreposição total, porém através da interpolação, pode-se observar que existe a possibilidade de uma pequena parte da lamina aplicada cobrir toda a superfície (**figura 3b**), fato esse que pode ser influenciado por diversas variáveis climáticas.

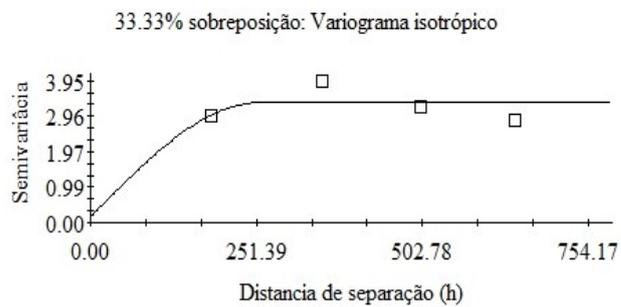


Figura 4a. Semivariograma experimental para o arranjo com 33.33% de sobreposição

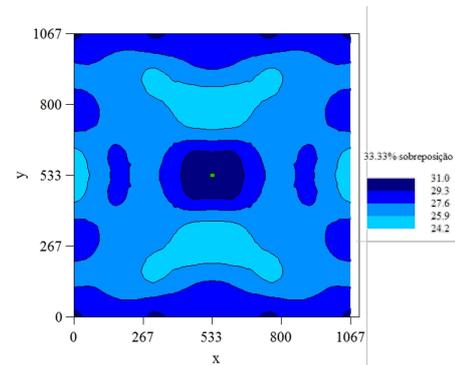


Figura 4b. Mapa de isolinhas para o arranjo com 33.33% de sobreposição

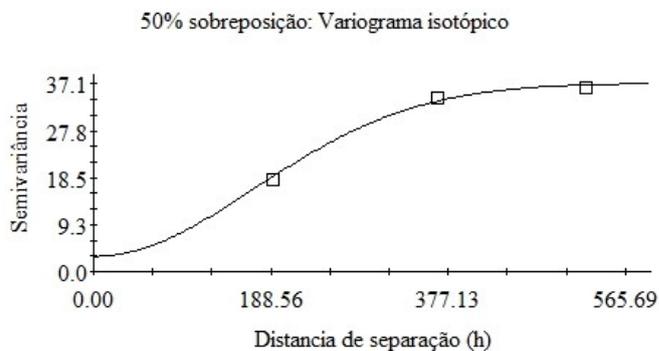


Figura 5a. Semivariograma experimental para o arranjo com 50% de sobreposição

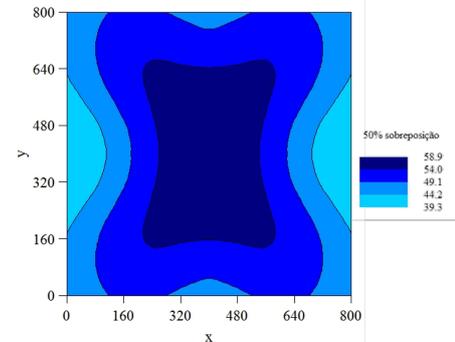


Figura 5b. Mapa de isolinhas para o arranjo com 50% de sobreposição

A figura 1c e 1d já demonstram que há uma intersecção total dos emissores na área de avaliação, sendo desejável optar por arranjos que possibilitem uma aplicação em área total com a maior uniformidade possível. Os mapas de isolinhas apresentados nas figuras 4b e 5b, demonstram grande uniformidade na lâmina de irrigação utilizada, sendo que deve-se priorizar arranjos que permitem um menor custo financeiro (Nakamura et al. 2011). Os arranjos de 33,33% e 50% apresentam uma alta uniformidade, sendo que demonstrado tanto na estatística descritiva e na geoestatística, onde a variação dos atributos são estáveis no espaço observado.

Conclusão

Conclui-se que através da simulação dos diferentes arranjos pode-se constatar que a lâmina de água aplicada por um aspersor se comporta de diferentes formas dependendo do arranjo de sobreposição no qual está sendo avaliado. Os arranjos espaciais de sobreposição devem ser estudados para haver uma maior uniformidade de aplicação, sendo que o arranjo de 33,33% apresentou uma maior uniformidade tanto utilizando a geoestatística, quanto a estatística descritiva. Há ressalvas para o uso do arranjo de 50%, visto que os dados aqui discutidos são modelados através de uma simulação sem interferência climática, resultado em mapas de isolinhas bem acurados, já em condições de campo, e regiões com fatores limitantes para a homogeneidade da aplicação, prefere-se arranjos com maior sobreposição.

Referências bibliográficas

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F. & KONOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 58:1501-1511, 1994.

FILGUEIRA FAR. 2008. **Novo manual de olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV. 402p

FREITAS PIRES, C. R.; DE OLIVEIRA LIMA, L. C.; DE BARROS VILAS BOAS, E. V.; ALVES, R. R. Qualidade textural de tomates cultivados em substratos orgânicos submetidos à aplicação de substâncias húmicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 11, p. 1467–1472, 2009.

HEINEMANN, A. B.; FRIZZONE, J. A.; PINTO, J. M.; J. C.; FEITOSA FILHO. Influência da altura do emissor na uniformidade de distribuição da água de um sistema pivô entral. *Pesquisa. Agropecuária Brasileira.*, Brasília, v.33, n.9, p.1487-1491, set. 1998

NAKAMURA, R.; JUNIOR, R. A. F.; ZIMBACK, C. R. L. **Geoestatística aplicada a lâminas de irrigação em diferentes espaçamentos entre aspersores**. II simpósio de geoestatística aplicada em ciências agrárias. [S.l: s.n.], 2011.

PERBONI, A.; JOSÉ, J. V.; ULLMANN, M. N.; SOCCOL, O. J.; FRIZZONE, A.; BISSI, D. D. E. De; USP, E.; DIAS, A. P. **GEOESTATÍSTICA E SIMULAÇÕES CONDICIONAIS APLICADAS A ENSAIOS DE UNIFORMIDADE DE ASPERSÃO CONVENCIONAL**, 2014.

ROBERTSON, G. P. GS+: Geostatistics for the environmental sciences – GS+ User’s Guide. Plainwell, **Gamma Desing** Software, 2004. 152 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.