

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

ARMANDO LOPES DE BRITO FILHO

**EFEITO RESIDUAL DA FERTIRRIGAÇÃO COM POTÁSSIO SOB O FEIJÃO-
CAUPI EM SUCESSÃO AO MELÃO**

Chapadinha – MA

Julho de 2019

EFEITO RESIDUAL DA FERTIRRIGAÇÃO COM POTÁSSIO SOB O FEIJÃO-CAUPI EM SUCESSÃO AO MELÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Maranhão como requisito para obtenção do título de Engenheira Agrícola.

ARMANDO LOPES DE BRITO FILHO

Orientadora: Profa. Dra. Maryzélia Furtado de Farias

Co-orientadora: Profa. Dra. Kamilla Andrade de Oliveira

Chapadinha – MA

Julho de 2019

TCC defendida e aprovada, em _____ de _____ de _____, pela Comissão Examinadora constituída pelos professores:

Banca Examinadora

Profª. Dra. Maryzélia Furtado de Farias (Orientadora)
Universidade Federal do Maranhão

Profª. Dra. Kamilla Andrade de Oliveira (Co-orientadora)
Universidade Federal do Maranhão

Profª. Dra. Luisa Julieth Parra Serrano
Universidade Federal do Maranhão

Aos meus pais, familiares, amigos e professores
que acreditaram no meu trabalho e comprometimento,
e hoje através do apoio de cada um realizo mais
esta grande conquista.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus, por todas as conquistas, por ter sido minha fortaleza nas horas mais difíceis e acima de tudo que foi feita a sua vontade e não a minha.

A minha mãe Ana Valéria Albuquerque Arruda de Brito por me incentivar e me dá forças nos momentos difíceis.

Ao meu pai Armando Lopes de Brito por todo companheirismo e exemplo de vida.

Aos meus irmãos Elza Carolinne Arruda de Brito e João Fialho de Brito Neto, por todo apoio me ensinando que a família é base de tudo.

As minhas amigas Klara e Renata em nome de toda a minha turma e amizades que construí no decorrer do curso.

Aos grupos de oração a qual faço parte Kenosis (Comunidade Católica Shalom) Boasemente (RCC), que nesse tempo foram meu sustento na fé.

Ao grupo Mascema, pelo apoio nas atividades de laboratório e campo.

A minha orientadora Prfa. Maryzélia Furtado de Farias, pela oportunidade e paciência comigo durante todo esse tempo, me formando nesse tempo um profissional.

A todos os professores do curso de Engenharia Agrícola, que em cada período nos auxiliava e nos capacitava para vida profissional.

À Banca Examinadora, nas pessoas dos Professoras Maryzélia Furtado de Farias, Kamilla Andrade de Oliveira e Luisa Julieth Parra Serrano pelas suas disponibilidades em acompanhar e avaliar o meu trabalho.

À Universidade Federal do Maranhão, por ter me concedido a realização desse grande sonho em obter o título de Engenheiro Agrícola.

À todos que contribuíram de forma direta e indiretamente, o meu muito obrigado e os meus sinceros agradecimentos.

O julgo de Deus é a vontade de Deus, que nós acolhemos. E esta vontade não é para nós um peso exterior, que nos oprime e nos tira a liberdade, mas a nossa alegria, que as vezes se apresenta de forma dolorosa, mais nos forma e nos conduz.

Bento XVI

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1. Feijão-caupi	12
2.2. Sucessão de culturas	13
2.3. Adubação Potássica	13
2.4. Fertirrigação	14
2.5. Salinidade no Solo	15
2.6. Geoestatística	16
3. METODOLOGIA	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5. CONCLUSÕES	28
6. REFERENCIA	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croqui da área experimental.	17
Figura 2. Utilização do sistema de gotejamento para fertirrigação.	17
Figura 3. Análise das variáveis.	18
Figura 4. Coleta e verificação da condutividade elétrica do extrato da saturação do solo.	18
Figura 5. Altura do feijão-caupi em função do efeito residual das dosagens de potássio aplicadas.	22
Figura 6. Produtividade do feijão-caupi em função do efeito residual das dosagens de potássio aplicadas.	24
Figura 7. Mapa espacial da área experimental em função da condutividade elétrica do extrato do solo na camada de 0-20cm.	26
Figura 8. Mapa espacial da área experimental em função da condutividade elétrica do extrato do solo na camada de 20-40cm.	27

RESUMO

A agricultura de precisão usa a condutividade elétrica no manejo das áreas agrícolas já que permite caracterizar a variabilidade em campo, por meio dela pode-se alterar fontes e quantidades de fertilizantes aplicado no desenvolvimento da planta. Objetivou-se avaliar o efeito residual da aplicação do potássio na cultura do melão em sucessão ao feijão-caupi e o efeito dessa prática no controle da condutividade elétrica do solo. O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Maranhão, no município de Chapadinha, sendo adotado um delineamento estatístico em blocos ao acaso, consistindo em 5 tratamentos: 0, 100, 150, 200 e 300 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando como fonte o cloreto de potássio, com 5 repetições de cada tratamento. Foram analisadas as variáveis: altura da planta, altura da primeira vagem, diâmetro do caule, tamanho da vagem, quantidade de vagem, quantidade de grãos, massa fresca da parte aérea, massa fresca da parte radicular, peso de 100 grãos e produtividade, sendo submetido a análise de variância pelo teste Tukey a 5% de significância. Em seguida foi realizada a análise espacial geoestatística das variáveis x, y e z em ambiente Arcmap 10.3 por meio da krigagem dos 24 pontos obtidos para visualização explícita da variável na forma de mapa. As concentrações de sais no extrato do solo se apresentam em níveis de baixa salinidade e gerações de mapas espaciais auxiliam na tomada de decisão.

Palavras-chaves: Condutividade elétrica; efeito residual; geoestatística.

ABSTRACT

Precision agriculture uses the electrical conductivity in the management of the agricultural areas since it allows to characterize the variability in the field, through which it can change the sources and amounts of fertilizers applied in the development of the plant. The objective of this study was to evaluate the residual effect of the application of potassium fertilization on the melon crop in succession to cowpea and the effect of this practice on the control of soil electrical conductivity. The experiment was conducted at the Federal University of Maranhão, in the municipality of Chapadinha, and a randomized block design was used, consisting of 5 treatments: 0, 100, 150, 200 and 300 kg ha⁻¹ of K₂O, using as source the potassium chloride with 5 replicates of each treatment. The following variables were analyzed: plant height, first pod height, stem diameter, pod size, pod quantity, grain quantity, fresh shoot mass, fresh root mass, 100 grain weight and productivity. submitted to analysis of variance by the Tukey test at 5% of significance. Then, the geostatistical analysis of the variables x, y and z in the Arcmap 10.3 environment was performed by means of the kriging of the 24 points obtained for explicit visualization of the variable in the form of a map. The concentrations of salts in the soil extract are presented in low salinity levels and generations of spatial maps aid in decision making.

Keywords: Electrical conductivity; residual effect; geostatistical.

1. INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro tem-se desenvolvendo no campo da irrigação e fertirrigação, buscando cada vez mais nas técnicas de cultivo atender as necessidades hídricas e nutricionais das plantas (SILVA et al., 2015). A fertirrigação é a disposição de nutrientes ao solo via água de irrigação, quando mal manejada pode aumentar o nível de concentrações de sais no solo.

O elevado teor de sais no solo pode prejudicar o desenvolvimento de uma cultura, já que o estresse salino bloqueia os mecanismos de crescimento das plantas tendo como consequências ramos atrofiados, folhas amareladas e partes aéreas dessecadas (FREIRE et al., 2010; PEREIRA FILHO et al., 2017).

Na busca da manutenção da qualidade do solo, diferentes manejos surgiram com intuito de preservar e manter uma produção satisfatória. A prática de sucessão de culturas estabelece o cultivo de duas ou mais espécies em sequência como forma de manter o equilíbrio da disponibilidade de nutrientes no solo.

Do Amaral e Rodrigues (2018), encontraram resultados significativos na produção da soja em sucessão ao tomateiro submetidos a diferentes doses fertilizantes químicos. Galvão et al. (2013), avaliando o efeito residual da adubação potássica sobre o cultivo do feijão-caupi encontra efeitos significativos na nutrição e na produtividade. Nesta mesma linha de pesquisa com a cultura do feijão-caupi, Bezerra et al. (2014) verificaram o efeito residual do fósforo no desenvolvimento das plantas.

A agricultura de precisão usa a condutividade elétrica no manejo das áreas agrícolas já que permite caracterizar a variabilidade em campo (MACHADO et al., 2004), com isso proporciona um planejamento mais eficiente da aplicação de insumos, resultando em uma maior rentabilidade e um menor risco de salinidade do solo.

Por meio da condutividade elétrica podem-se alterar fontes e quantidades de fertilizantes aplicadas, quando for identificada na solução, uma condutividade elétrica acima do permitido para cultura. Determinada no extrato de saturação da camada onde se concentram as raízes permite ter uma ideia do valor do potencial salino da solução do solo, e quando retirada em camadas mais profundas, permite diagnosticar lixiviação dos nutrientes (VILLAS BÔAS e SOUZA, 2008).

Com auxílio da geostáticas é possível a geração de mapas descritivos da variabilidade espacial dos atributos do solo, sendo possível através desta ferramenta a compreensões das relações presentes no solo, e com isso a escolha de técnicas que otimizem a produção e minimizem os impactos das áreas agrícolas (MONTANARI *et al.*, 2013; ZONTA *et al.*, 2014; DO LAGO LOPES *et al.*, 2017).

Diante disso objetivou-se avaliar o efeito residual da aplicação da adubação potássio na cultura do melão em sucessão ao feijão-caupi e o efeito dessa prática no controle da condutividade elétrica do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Feijão-caupi

O Feijão-Caupi (*Vigna unguiculata L.*) tem grande importância nas regiões tropicais e subtropicais, sendo destaque principalmente nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (SILVA *et al.*, 2002; BEZERRA *et al.*, 2014). A cultura tem uma grande importância socioeconômica para as famílias dessas regiões em destaque as mais carentes, devido ao seu alto valor nutritivo como também geração de renda para a agricultura familiar (LIMA *et al.*, 2007; BEZERRA *et al.*, 2010).

Com o aumento tecnológico e o surgimento de novas práticas de manejo, conseguiu-se alcançar ótimos resultados na produtividade do feijão-caupi, trabalhos com adubação, implantação sobre resíduos de nutrientes e restos culturais, apresentaram-se como alternativas para o melhoramento do desenvolvimento da planta (GALVAO *et al.* 2013). O potássio é o nutriente consumido em maior quantidade pelo feijão-caupi, por isso em solos de cultivo dessa cultura são apresentados baixos teores desse nutriente (DE OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Segundo dados da Conab (2018), a região nordeste apresentou a maior área plantada do Brasil na primeira safra com aproximadamente 369 mil hectares, resultado proveniente da importância da cultivar na região, no qual considerada uma produção de subsistência que em ótimas safras o excedente é comercializado nos mercados municipais.

Nas mesorregiões leste e sul maranhense a produtividade do feijão-caupi ainda é média baixa, consequências de vários fatores: cultivo rudimentar sem auxílios de

tecnologias, cultivares inadequadas pouca adaptabilidade para região e irregularidade das chuvas (VALADARES et al, 2012).

2.2. Sucessão de culturas

A busca por melhores resultados na agricultura incentivou o desenvolvimento de novas práticas de manejo, entre essas destaca-se a sucessão de culturas, que ocasiona inúmeros benefícios ao solo como: ganho de matéria orgânica, aumento da atividade microbiana, melhoria na aeração do solo e na densidade, diminuição da perda de solo, o que favorece o crescimento das raízes e a absorção de água (GALVÃO et al. 2013).

A sucessão de culturas também é uma prática utilizada para o controle de plantas invasoras e pragas, destacando-se também no fornecimento de nutrientes para a cultura subsequente, seu uso é bastante visto em locais onde a fertilização nitrogenada é limitada, nos quais faz se o plantio de espécies fixadoras de nitrogênio (NETO et al., 2017).

A cobertura oriunda do cultivo em sucessão além de formar uma camada protetora do solo, protegendo-a da radiação solar, e da ação erosiva das chuvas, podem proporcionar um ganho a mais na produção de massa seca das plantas, gerando maior acúmulo e liberação de nutrientes e macronutrientes (FORTE et al., 2018).

2.3. Adubação Potássica

O potássio possui um papel importante no desenvolvimento da planta, atuando em diferentes processos fisiológicos o que culmina no desenvolvimento da mesma e aumento na produtividade da cultura, estando relacionado a abertura de estomática e processos fotossintéticos (ZORB et al., 2014; CAVALCANTE et al., 2018; PEREIRA CAVALCANTE et al., 2019).

Mediante a ação da ativação das enzimas nas plantas, relacionado a isso o potássio desempenha três funções: auxílio no transporte através da membrana, neutralização de ânions e manutenção do potencial osmótico, o que configura-o maior agente osmótico catiônico celular (EPSTEIN; BLOOM, 2006; AMORIM, D. et al., 2015).

A utilização da adubação potássica é uma solução viável para reduzir perdas e ter um melhor desempenho na produção, devido ao fato desse nutriente participar

diretamente no metabolismo das plantas, no transporte interno de açúcares e no equilíbrio eletroquímico, parâmetros que influenciam a produtividade (ANDRIOLO et al., 2010; De SOUSA et al., 2014).

Nos solos os elementos se encontram nas formas não-trocáveis, trocáveis e solúveis estando em equilíbrio, quando se tem alteração da quantidade de nutrientes seja pelos processos de adubação ou absorção pelas plantas influenciam nos demais processos que estão presentes neles (DE MEDEIROS et al., 2014). O processo de fertilização potássica aumenta na solução do solo a presença de K^+ , que posteriormente se encontrara como K^+ trocáveis e não-trocáveis (KAMINSKI et al., 2007; KAMINSKI et al., 2010; DE MEDEIROS et al., 2014).

2.4. Fertirrigação

O sistema de fertirrigação proporciona de forma parcelada a aplicação de adubos solúveis em água, fornecendo ao longo do ciclo da cultura quantidades de água e fertilizante necessária para seus desenvolvimento (COELHO et al. 2014; OLIVEIRA DA SILVA et al., 2017).

No fornecimento de nutrientes para as plantas recomenda-se sempre o manejo controlado da aplicação de fertilizantes de forma a não expor o meio a uma quantidade superior ou inferior exigida pela cultura, que tem como consequências efeitos negativos na produção (MATOS, 2007; ALVES et al., 2018).

Marouelli et al. (2015) em seu trabalho comentam a eficiência da aplicação do fósforo por fertirrigação, devido a facilidade de fornecer a cultura nutrientes, principalmente no desenvolvimento na fase inicial, fornecendo em níveis adequados de fertilizante ao longo do seu ciclo.

A fertirrigação tem muitos benefícios dentre eles tem-se os de menores perdas de fertilizante por lixiviação e volatilização, sendo aplicado maior parte das vezes próximo ao sistema radicular das plantas, facilita a absorção dos nutrientes (SOUSA ET AL., 2012; SILVA ET AL., 2015; OLIVEIRA DA SILVA ET AL., 2017).

A associação do sistema de irrigação por gotejamento e a prática de fertirrigação é bastante usual no meio agrícola, tendo como características a aplicação dos fertilizantes

próximo das raízes das plantas, aumentando a capacidade de absorção de nutrientes (BOSSOI et al., 2016).

2.5. Salinidade no Solo

A fertirrigação quando feita de forma indevida pode causar a salinidade do solo, consequência que agride tanto o solo como as plantas principalmente se combinadas com fatores que contribuam para a salinização do meio como por exemplo a alta concentração de sais já presente no solo interferindo assim na relação água-solo-planta (MEDEIROS et al., 2011; DE AZEVEDO et al., 2018).

A alta concentração de sais no solo pode ocasionar uma escassez de água na planta devido a pressão osmótica, no qual o aumento de sais solveis no meio acabam ocasionando uma pressão maior do que a de sucção das plantas com isso a planta não absorve água e em alguns casos ocorre a perda de água do vegetal para o meio mais concentrado (DE AZEVEDO et al., 2018).

Com a utilização da fertirrigação e o aumento da quantidade de sais na solução do solo se faz necessário o monitoramento da salinidade através da condutividade elétrica, mensuração do teor de nutrientes na solução do solo, a salinização tem efeitos negativos como a diminuição da disponibilidade de água para cultura, toxicidade de íons por interferência de sais nos processos fisiológicos e redução do desenvolvimento das plantas (COELHO et al., 2016).

O estresse causado na salinização do solo pode ocasionar perda de produção mediante aos distúrbios fisiológicos que alta concentrações de sais ocasionam, medidas como, lavagem do solo e o emprego de culturas resistente a salinização são meios de se trabalhar em áreas com essa problemática buscando a diminuição dessas concentrações de sais (NAZARIO et al., 2007).

2.6. Geoestatística

Com a geoestatística é possível trabalhar de forma diferenciada numa área considerada homogênea, atendendo as necessidades requeridas por cada zona de manejo, permitindo a estimativa de respostas a diferentes problemas, tendo o intuito de reduzir os efeitos da variabilidade do solo na produtividade (OLIVEIRA et al., 2016).

A geoestatística tem como base a variabilidade espacial e temporal de dados tendo muitas vezes como suporte a estatísticas clássica para a formação de zonas de manejos, sendo o referenciamento um requisito básico para a utilização desse método (ANGELICO et al., 2006).

Com o surgimento de novas tecnologias se tornou mais fácil o mapeamento de determinadas características do solo e com isso a formação de mapas de colheita e zonas de manejo do solo e planta, onde essas são áreas de uma propriedade agrícola com propriedades e atributos de relevo com menor heterogeneidade (MACHADO et al., 2006).

Na agricultura de precisão brasileira é bastante comum a utilização de amostragem georreferenciadas por malhas regulares, para a caracterização dos atributos físicos e químicos do solo (CHERUBIN et al., 2015).

3. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Maranhão, no município de Chapadinha, no período do mês de setembro a dezembro, foram coletadas as amostras para as análises química e física do solo, e a preparação do solo foi realizado convencionalmente através da aração, gradagem e calagem.

O clima da região é do tipo Aw, clima tropical com estação seca de inverno, segundo a classificação climática de Köppen. São presentes duas estações bem definidas: chuvosa e seca, com precipitação totais anuais média de 1613,2mm, nos quais os períodos chuvosos se apresentam no período de janeiro a maio e o seco junho a dezembro (PASSOS et al., 2016). O solo da área foi classificado como um Latossolo Amarelo distrófico (LAd), textura franco arenosa (SANTOS et al., 2013).

A análise química do solo da área que foi caracterizado com: pH em $\text{CaCl}_2 = 4,8$; M.O = $14,2 \text{ g dm}^{-3}$; P = $33,7 \text{ mg dm}^{-3}$; K = $0,15 \text{ cmol c dm}^{-3}$; Ca = $1,97 \text{ cmol c dm}^{-3}$; Mg = $0,54 \text{ cmol c dm}^{-3}$; H+Al = $2,50 \text{ cmol c dm}^{-3}$; Al = $0,00 \text{ cmol c dm}^{-3}$; CTC = $5,16 \text{ cmol c dm}^{-1}$; SB = $2,66 \text{ cmol c dm}^{-3}$; V (%) = 51,5.

Foi adotado um delineamento estatístico em blocos ao acaso, consistindo em 5 tratamentos: 0, 100, 150, 200 e 300 kg ha^{-1} de K_2O , utilizando como fonte o cloreto de potássio, com 5 repetições de cada tratamento. As dimensões das parcelas foram de 4,5 m x 5m, considerando a área útil das linhas centrais em cada parcela para o feijão-caupi (Figura 1).

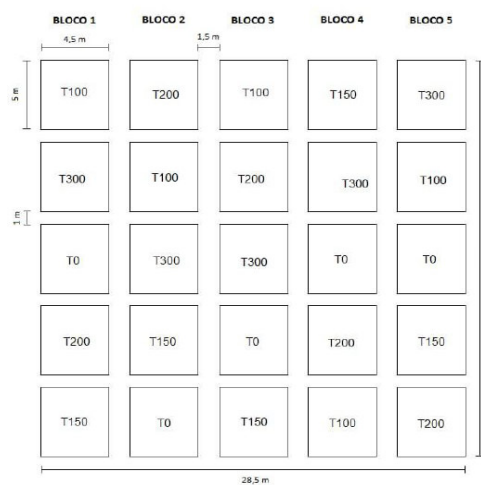


Figura 1. Croqui da área experimental.

Utilizou-se o sistema de irrigação de gotejamento, com vazão nominal de 1,6 L/h sob pressão de 10mca, tendo em média utilizado uma lâmina de 56000mm/dia, com as parcelas separadas por registros, fertirrigando com o auxílio do injetor de fertilizantes do tipo Venturi, seguido de um filtro de disco, assim evitou-se o entupimento dos gotejadores (Figura 2).



Figura 2. Utilização do sistema de gotejamento para fertirrigação.

A adubação em cobertura foi fornecida por meio da fertirrigação no período de junho a setembro, parcelada em 4 vezes: 15, 30, 45 e 60 dias após o transplante do melão, utilizando o cloreto de potássio. O nitrogênio em cobertura foi aplicado via fertirrigação.

Após a colheita do melão foi plantado o feijão-caupi, no espaçamento de 0,25 m entre plantas e 0,50 m entre linhas. Utilizou-se a variedade BRS Aracê, com as seguintes características: ciclo de 70-75 dias, grãos lisos, verdes-oliva, arredondados e de tamanho médio (ROCHA et al. 2010). Foram analisadas as variáveis: altura da planta, altura da primeira vagem, diâmetro do caule, tamanho da vagem, quantidade de vagem, quantidade de grãos, massa fresca da parte aérea, massa fresca da parte radicular, peso de 100 grãos e produtividade (Figura 3).



Figura 3. Medição do diâmetro do caule.

Foram retiradas amostras do solo de forma aleatória das profundidades de 0-20cm e 20-40cm para medir a condutividade elétrica do extrato do solo saturado a cada 15 dias durante todo o ciclo da cultura. A condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEs) foi analisada pelo método 2:1, ou seja, uma parte de solo para duas de água destilada (Figura 4).



Figura 4. Coleta e verificação da condutividade elétrica do extrato da saturação do solo.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste Tukey a 5% de probabilidade com auxílio do programa computacional estatístico Sisvar5.6.

Neste estudo foram aplicadas algumas das ferramentas de geoestatística do módulo *Geostatistical Analyst* do sistema de informações geográficas ArcGIS 10.2TM (ESRI, 2016). De forma genérica pode-se enumerar as etapas para aplicação das técnicas geoestatísticas a um determinado conjunto de dados, com a seguinte sequência de procedimentos: análise exploratória dos dados, semivariograma, krigagem e validação conforme Ferreira, Santos e Rodrigues (2013).

As 24 unidades amostrais foram submetidas a análise exploratória dos dados (AED) consiste na estimação das principais medidas estatísticas e construção de gráficos, como o histograma e o *boxplot* dos dados. A partir das medidas e dos gráficos, tem-se uma ideia do comportamento geral dos dados quanto às principais pressuposições teóricas da Estatística e Geoestatística. Logo, essa etapa é de fundamental importância sobre a qualidade da interpolação geoestatística, representada por mapas (ANDRIOTTI, 2005; BUSSAB; MORETTIN 2011; ISAACS; SRIVASTAVA, 1989; SCOLFORO; MELLO 2006).

A interpolação geoestatística, denominada krigagem, assume que os dados recolhidos de uma determinada população, se encontram correlacionados no espaço. Porém, há necessidade de medir e quantificar essa dependência espacial e para isso é utilizado o semivariograma, que caracteriza a dependência espacial entre os dados amostrais.

O semivariograma é uma função intrínseca que reflete a estrutura de dependência espacial de um fenômeno estudado e medem essas relações estatísticas pelas covariâncias que existem entre amostras espaçadas, de sucessivos valores de h (distância entre amostras). O que se espera, na presença de dependência espacial, é que a função aumente à medida que aumenta o valor de h , até que se torne constante. Em Yamamoto e Landim (2013), a função variograma $2\hat{\gamma}(h)$ é definida como sendo a esperança matemática do quadrado da diferença entre os valores de pontos no espaço, separados por uma distância h , conforme estimador apresentado 1:

$$2\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2 \quad (1)$$

Em que: $2\hat{\gamma}(h)$ é a função variograma; n é o número de pares de pontos separados por uma distância h ; $Z(x_i)$ é o valor da variável regionalizada no ponto x ; $Z(x_i+h)$ é o valor da variável regionalizada no ponto $(x+h)$.

Para caracterizar a dependência espacial e verificar o efeito anisotrópico entre os dados interpolados, nas unidades amostrais, utilizou-se o modelo semivariográfico *Stable* descrito por Johnson et al. (2001), e Goundogdu e Guney, (2007), (Expressão 2) devido à natureza dos dados e a espacialidade da área de estudo assim como Pasini et al. (2014).

$$\gamma(h; \theta) = \theta_s \left[1 - \exp \left(-3 \left(\frac{\|h\|}{\theta_r} \right)^{\theta_e} \right) \right] \text{ para todo } h, \quad (2)$$

Em que: θ_s : valor do patamar; h : distância entre dois pontos; θ_r : valor da amplitude do modelo, θ_e : a variação em micro escala, considerando $\theta_s \geq 0$ e $0 \leq \theta_e \leq 2$.

O termo krigagem abrange um conjunto de métodos de interpolação. Dentre os mais usuais está a krigagem ordinária, adotado neste estudo. Devido as recomendações de Santos et al. (2011), a qual assume que as médias locais são relativamente constantes e de valor muito semelhante à média estimada da população. A média estimada da população é utilizada para cada estimativa local, em conjunto com os pontos vizinhos estabelecidos como necessários para a estimativa (ANDRIOTTI, 2005).

O estimador da krigagem ordinária é baseado na fórmula da média ponderada, onde os ponderadores dependem da informação estrutural fornecida pelo variograma. Constatada a presença de dependência espacial entre os dados, foram realizadas inferências por krigagem ordinária (Kri) para locais não medidos a partir dos pontos amostrados. Essa técnica interpola valores com as condições de estimativa sem tendenciosidade e com desvios mínimos em relação aos valores conhecidos (Grego &

Vieira, 2005), considerando a estrutura de variabilidade espacial encontrada para o atributo, sendo definida pela equação 3:

$$[\hat{Z}_i] = \sum_{i=1}^N \lambda_i * Z_i \quad (3)$$

Em que: $[\hat{Z}_i]$ é o valor interpolado; λ_i é o peso atribuídos aos valores amostrados; Z_i é o valor do atributo amostrado; n é o número de localidades vizinhas empregadas para interpolação do ponto, sendo que o somatório dos pesos λ_i deve ser igual a um.

O método geostatístico de interpolação de dados espaciais para criar uma superfície contínua deu-se a partir da ferramenta de interpolação Geoestatística para krigagem simples, presente no ArcMap 10.2™ (ESRI, 2016), com cada um dos resultados obtidos nas análises da condutividade elétrica do extrato do solo nas profundidades de 0-20cm e 20-40cm.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de crescimento das plantas permite evidenciar possíveis causas de variações no desenvolvimento das plantas e com isso elaborar um possível medida de correção (DE BASTOS ANDRADE et al. 2009). Desse modo observando a Tabela 1, tem-se que as variáveis relacionadas ao crescimento da planta, estatisticamente não tiveram efeito residual do potássio aplicado na cultura do melão.

Tabela 1. Variáveis de crescimento do feijão-caupi em relação ao efeito residual das dosagens de potássio aplicado via fertirrigação.

Tratamentos (K ₂ O Kg ha ⁻¹)	Variáveis				
	DC(cm)	MFR(g)	MFPA(g)	ALT(cm)	ALTV(cm)
0	5,9600 A	2,7760 A	46,5120 A	71,1320 A	18,4660 A
100	6,0740 A	1,8960 A	33,1640 A	66,5680 A	24,3680 A
150	5,9000 A	3,2260 A	57,6860 A	79,6600 A	18,6660 A
200	6,0520 A	2,7620 A	52,3120 A	85,5720 A	21,3840 A
300	6,7580 A	2,8080 A	51,5040 A	87,2160 A	22,4660 A
Media	6,1488	2,6936	48,2356	78,0296	21,0700

Cv (%)	14,63	38,10	35,06	23,54	22,24
--------	-------	-------	-------	-------	-------

*Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5%; DC- Diâmetro do caule; MFR- Massa fresca da parte radicular; MFPA- Massa fresca da parte aérea; ALT- Altura; ALTV- Altura da primeira vagem.

Galvão et al., (2013), destaca em seu trabalho o enriquecimento da matéria orgânica do solo com resíduos de nutrientes de potássio e restos culturais, como sorgo, e os benefícios na produção do feijão.

Devido as baixas concentrações de nutrientes nos solos da região, a busca do enriquecimento do mesmo vem se destacando, as formas de manejos vem-se desenvolvendo para se ter uma melhoria nas qualidades biológicas, químicas e físicas.

Mesmo não se apresentando significância no teste, podemos constar uma influência do efeito residual do potássio sobre a estrutura feijão, observando diferenças da testemunha com as parcelas submetidas a fertirrigação (Figura 5).

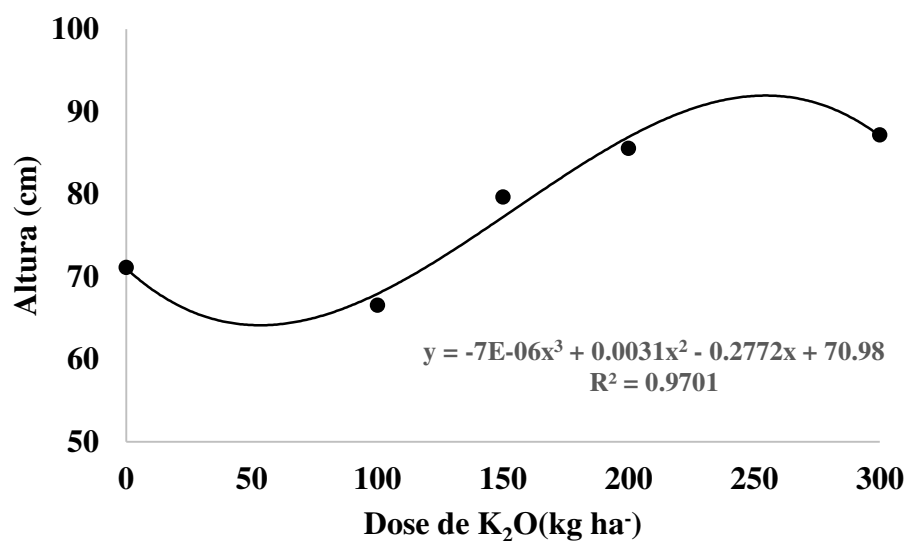


Figura 5. Altura do feijão-caupi em função do efeito residual das dosagens de potássio aplicadas.

Na Tabela 2 tem-se as variáveis de produtividade, que apresentaram significância na variável peso de 100 grãos, enquanto as outras não apresentaram efeito.

Tabela 2. Variáveis de produção do feijão-caupi em relação ao efeito residual das dosagens de potássio aplicado via fertirrigação.

Tratamentos (K ₂ O Kg ha ⁻¹)	Variáveis				
	COMP.V(cm)	QUANT.V	QUANT.G	P.G(g)	PROD (sac ha ⁻¹)
0	16,178 A	6,630 A	50,351 A	19,812 A	15,184 A
100	15,954 A	5,492 A	49,112 A	19,482 AB	13,318 A
150	16,534 A	6,416 A	56,578 A	18,588 B	14,300 A
200	15,428 A	5,946 A	50,716 A	19,250 AB	13,202 A
300	16,234 A	5,996 A	59,490 A	19,360 AB	15,518 A
Media	17,066	6,096	53,251	19,298	14,304
Cv (%)	7,03	22,05	26,60	2,85	26,21

*Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5%; COMP.V- Comprimento de vagem; QUANT.V- Quantidade de vagem; QUANT.G- Quantidade de grãos; P.G- Peso dos 100 grãos; PROD- Produtividade.

Oliveira et al. (2009), em seu trabalho discutiram a relação da dosagem de potássio no rendimento produtivo e econômico do feijão caupi, no qual concluem que a presença de um nível crítico para um desenvolvimento normal da cultura, estaria entre 20 a 40 kg ha⁻¹ K₂O, e obtiveram como resposta o emprego do potássio aumentou o rendimento da cultura.

Com isso pode-se perceber pela Figura 6, que a dosagem de 300 kg ha⁻¹ de K₂O obteve-se um rendimento um pouco a cima da testemunha, onde o efeito residual do nutriente proporcionou um auxílio no desenvolvimento da produção da planta.

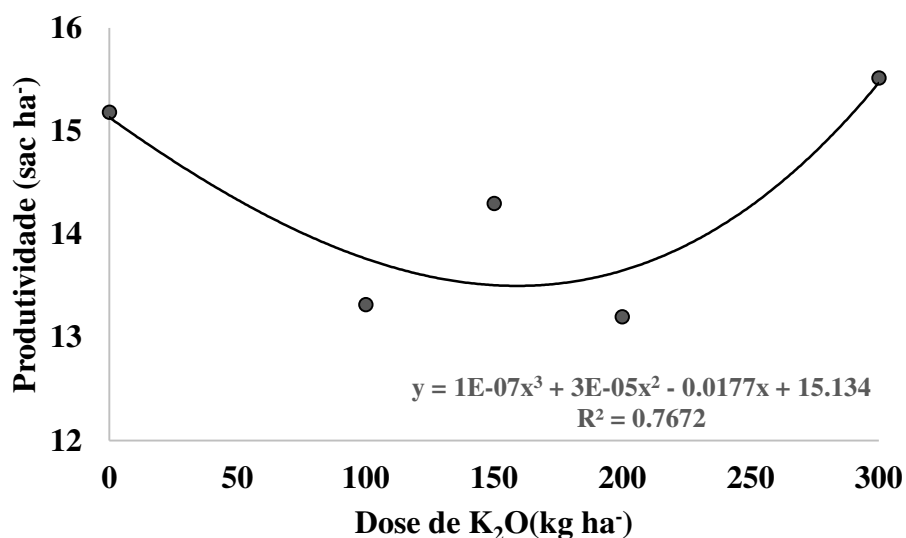


Figura 6. Produtividade do feijão-caupi em função do efeito residual das dosagens de potássio aplicadas.

Estudando o efeito residual do potássio no feijão-caupi Galvão (2013) encontrou respostas satisfatórias com dosagens de 215,6 Kg ha⁻¹ sendo aproveitados em plantios subsequentes.

Através da condutividade elétrica do solo se tem uma relação na dinâmica dos nutrientes, e o estudo da mesma permite avaliar o desenvolvimento da cultura na área submetida e com isso trabalhar na escolha das melhores formas de manejo. Nas Tabelas 3 e 4 encontram-se a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo para duas profundidades de solo (0-20 e 20-40 cm) no decorrer do ciclo do feijão-caupi, não ocorrendo diferença estatística significativa entre os tratamentos.

Tabela 3. Valores médios da condutividade elétrica do extrato do solo (uS cm⁻¹), nas profundidades de 0-20cm.

Tratamentos K ₂ O Kg ha ⁻¹	Variáveis			
	15 DAP	30 DAP	45 DAP	60 DAP
0	83,7460 A	51,4440 A	64,6100 A	61,8800 A
100	57,8820 A	50,8960 A	55,5600 A	33,9300 A
150	100,154 A	41,2460 A	60,5740 A	40,7520 A
200	34,1940 A	51,0640 A	61,0540 A	42,2640 A
300	52,4260 A	64,0860 A	81,1760 A	35,9120 A

Media	65,6804	51,7472	64,9948	42,9476
Cv (%)	107,54	60,13	47,03	69,42

*Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5%; DAP – dias após o plantio.

Tabela 4. Valores médios da condutividade elétrica do extrato do solo ($\mu\text{S cm}^{-1}$), nas profundidades de 20-40cm.

Tratamentos K ₂ O Kg ha ⁻¹	Variáveis			
	15 DAP	30 DAP	45 DAP	60 DAP
0	31,7660 A	36,3480 A	43,5140 A	38,3140 A
100	26,8860 A	25,1000 A	33,1840 A	29,9120 A
150	73,6100 A	24,6440 A	65,3620 A	32,4900 A
200	25,5360 A	34,3320 A	41,3820 A	29,4960 A
300	32,3700 A	46,9520 A	63,4400 A	29,4640 A
Media	38,0336	33,4752	49,3764	31,9352
Cv (%)	81,09	52,44	66,75	31,02

*Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5%; DAP – dias após o plantio.

Analisando os valores médios da condutividade elétrica do solo nas profundidades de 0-20(cm) e 20-40(cm), tem-se valores baixos de concentrações de sais no extrato do solo considerando níveis baixo de salinização do solo.

O feijão-caupi é uma espécie moderadamente tolerante a salinidade no solo, com o desenvolvimento normal até $3.300 \mu\text{Scm}^{-1}$ na irrigação e $4.900 \mu\text{Scm}^{-1}$ no extrato do solo (LEITE et al., 2017). Assim a quantidade de sais presente na solução do solo da área, apresentava-se com um nível de baixa salinização.

Do Lago Lopes et al., (2017) encontraram valores baixos de condutividade elétrica em solos da região submetidos a sistemas de manejo de plantio direto e integração lavoura pecuária, no qual atribuiu os valores a própria condição do solo que é arenoso e ácido.

Zona de manejo é tratada como parte de área nos quais são compostas por mesmas características (MACHADO et al., 2004). Oliveira et al., (2016), em seu trabalho comentam como a análise visual de mapas gerados por krigagem, colaboraram com os

estudos das análises físicas do solo e compararam a ação das diferentes formas de manejos estudada ocasionavam ao solo.

Com a interpolação de dados se torna possível diminuir os custos de produção como também identificar consequências que se apresentam durante o processo produtivo, auxiliando na elaboração da tomada de decisão. A aplicação da análise geostatística contribui com a formação da distribuição espacial, o que ajuda a compreender e entender a influência de certos mecanismos presentes no solo (OLDONI et al., 2015). Com auxílio de softwares foram gerados mapas representativos da condutividade elétrica do solo saturada nas Figuras 7 e 8.

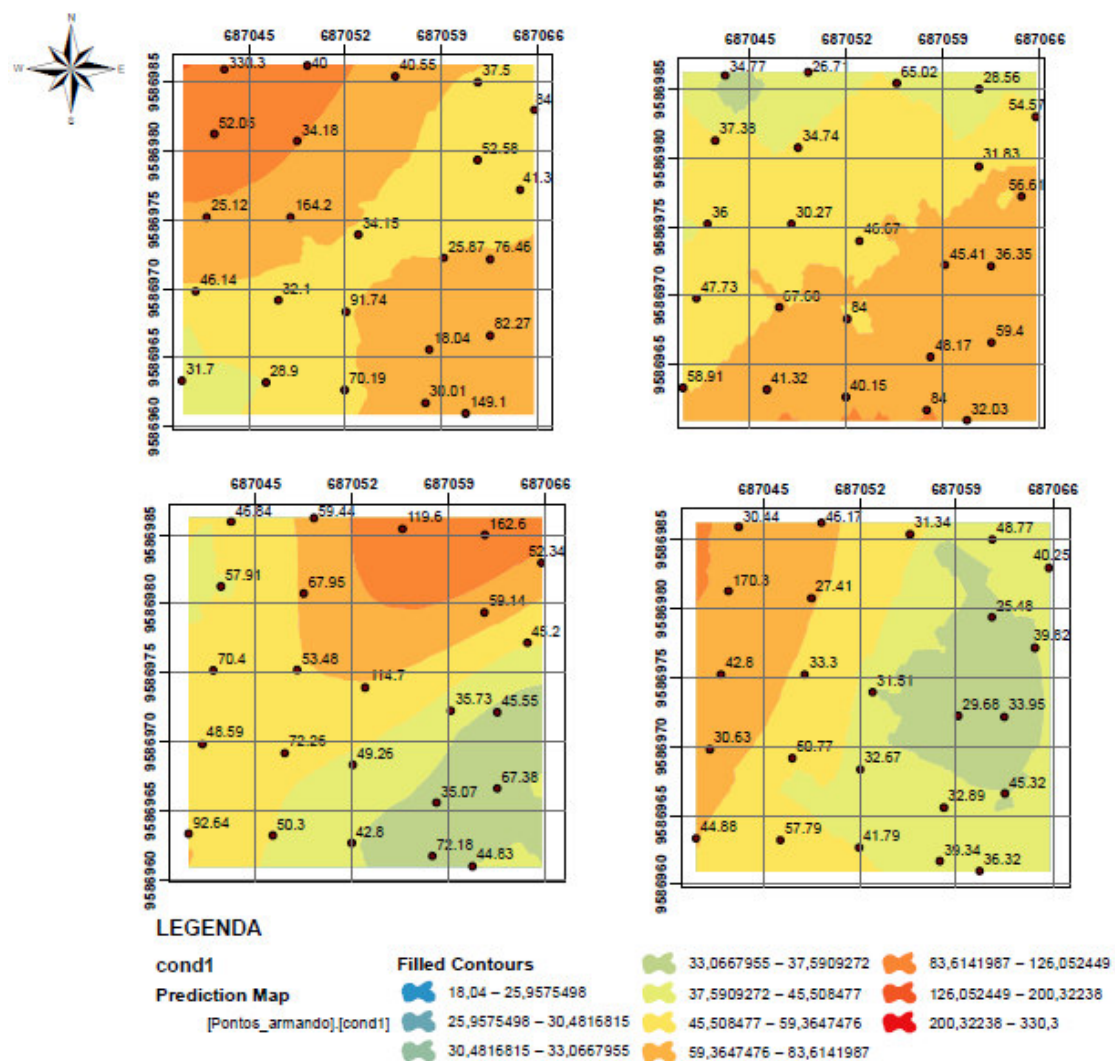


Figura 7. Mapa espacial da área experimental em função da condutividade elétrica do extrato do solo na camada de 0-20cm.

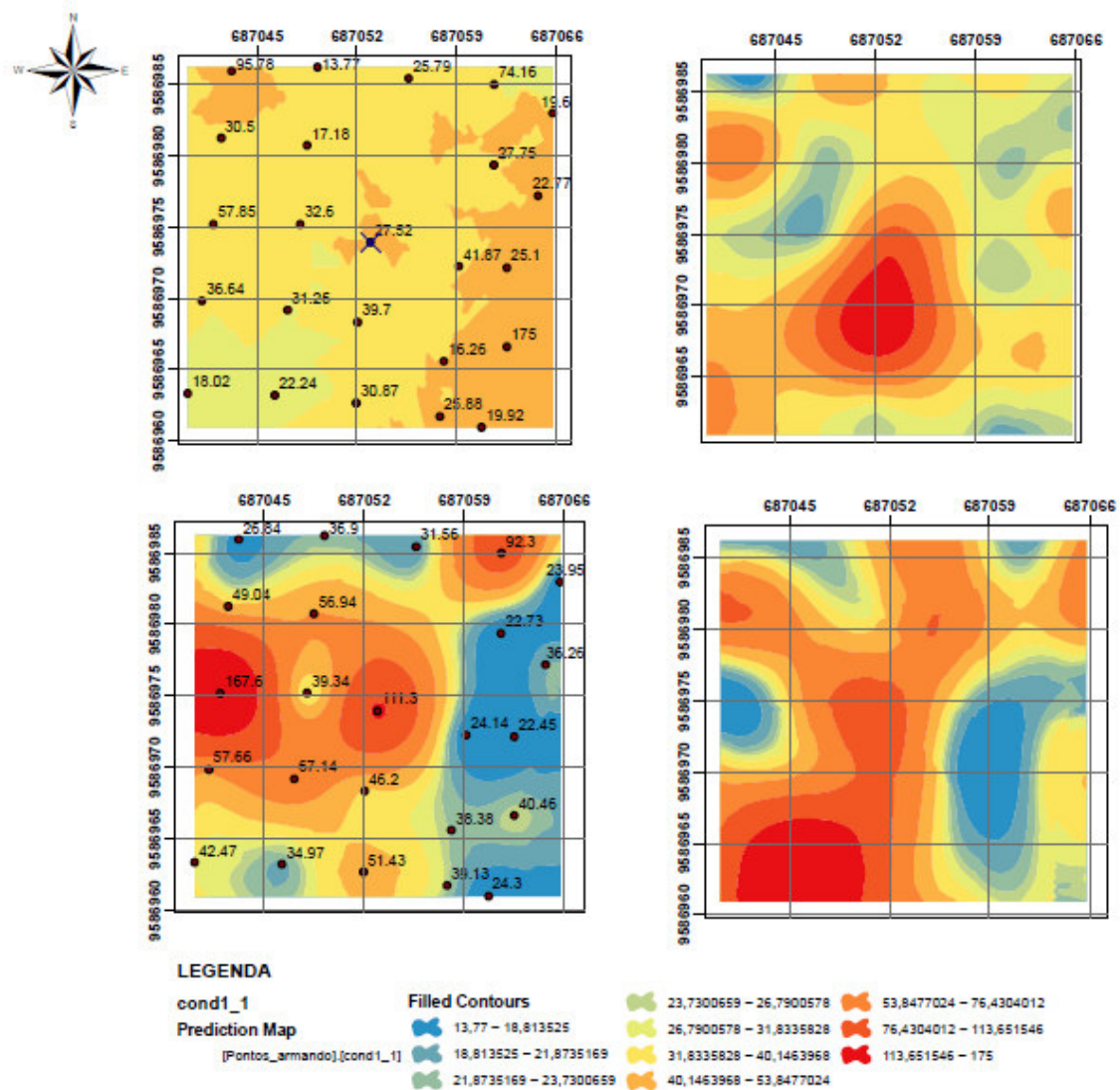


Figura 8. Mapa espacial da área experimental em função da condutividade elétrica do extrato do solo na camada de 20-40cm.

Tendo em vista os processos de interpolações de dados e processos de formações de mapas de distribuição espacial dos atributos do solo, a agricultura de precisão com o levantamento dos atributos químicos do solo permite visualizar a variação de fertilidade de uma área obtendo-se dados que contribuam para a busca de uma produtividade elevada, além da utilização racional dos insumos agrícolas diminuindo o impacto da atividade agrícola no ambiente (ANGELICO & SILVA, 2006; DE SOUZA et al., 2010).

Souza et al., (2016) concluíram em seu trabalho que o número e a quantidade de pontos retirados numa amostragem influenciam na análise geoestatística e no

detalhamento das informações dos mapas gerados por krigagem, com o aumento do erro da estimativa com número de pontos inferior a 100.

Kerry & Oliver (2008), mencionam que usuários da agricultura de precisão não devem utilizar a krigagem com variogramas calculados a partir de poucos pontos, pois a precisão dos mapas gerados não refletirão os principais padrões de variações presentes no solo.

Desse modo o presente resultado visa contribuir com a utilização da agricultura de precisão na região do leste maranhense com estudos que busquem promover a construção de grades de amostragem do solo para determinação de mapas temáticos, que contribuem para tomada de decisão, como nas escolhas de melhores formas de manejos a se trabalhar, diminuindo com essa ação gastos e impactos na produção e no meio.

5. CONCLUSÕES

Desse modo conclui-se, que mesmo não apresentado significância estatística nas variáveis de crescimento e produtividade para o feijão-caupi, a quantidade de sais presentes no solo foram suficientes para o desenvolvimento do feijão em sucessão ao melão.

Não houve efeito residual na condutividade elétrica do extrato de saturação do solo.

Tem-se a necessidade de mais estudos em relação a formação da malha amostral com quantidades mínimas de pontos para criação de mapas precisos da variabilidade espacial.

6. REFERENCIA

- ANDRIOTTI, J. L. S. Fundamentos de Estatística e Geoestatística Editora Unisinos, v. 1, p. 165, 2005.
- ANGELICO, João Carlos. Desempenho da co-krigagem na determinação da variabilidade de atributos do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 30, n. 6, 2006.
- ANGELICO, J. C.; SILVA, I. N. Eficiência da krigagem na estimativa das variáveis físicas e químicas do solo. Energia na Agricultura, v. 21, n. 1, p. 106-117, 2006.
- ALVES, Pablo Fernando Santos et al. Fertirrigação do milho com água residuária sanitária tratada: crescimento e produção. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23, n. 5, 2018.
- AMORIM, D. et al. Adubação nitrogenada e potássica em goiabeiras' Paluma': I. Efeito na produtividade e na qualidade dos frutos para industrialização. Embrapa Caprinos e Ovinos-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2015.
- ANDRIOLO, J.L.; JANISCH, D.I.; SCHMITT, O.J.; DAL PICIO, M.D.; CARDOSO, F.L.; ERPEN, L. Doses de potássio e cálcio no crescimento da planta, na produção e na qualidade de frutas do morangueiro em cultivo sem solo. Ciência Rural, v.40, p.267-272, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010000200003>
- BANDEIRA, Iris Celeste Nascimento. Geodiversidade do estado do Maranhão. Teresina, CPRM, 2013. 294 p.; 30 cm + 1 DVD-ROM.
- BEZERRA, Anna Karine Paiva et al. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. Ciência Rural, v. 40, n. 5, 2010.
- BEZERRA, M. A. F.; OLIVEIRA, F. A.; BEZERRA, F. T. C.; PEREIRA, W. E.; SILVA, S. A. Cultivo de feijão-caupi em Latossolos sob o efeito residual da adubação fosfatada. Revista Caatinga, Mossoró, v.27, n.1, p.109-115, 2014.
- BORSSOI, Adilson Luiz et al. Uniformidade de aplicação de água e fertirrigação em um conjunto de irrigação por gotejamento. Engenharia Agrícola, v. 32, n. 4, 2016.
- BUSSAB, W. O. MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 7ª edição especial. São Paulo: Editora Saraiva, 2011, 540 p.

CAVALCANTE ACP, Cavalcante LF, Cavalcante AG, Bertino AMP, Bertino AMP & Ferreira NM (2018) Physiology of Paluma guava plants fertilized with potassium and calcium. *Idesia*, 36:163-172.

CHERUBIN, Maurício Roberto et al. Dimensão da malha amostral para caracterização da variabilidade espacial de fósforo e potássio em Latossolo Vermelho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 50, n. 2, p. 168-177, 2015.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. *Acomp. safra bras. grãos*, v. 6 Safra 2018/19 - Sexto levantamento, Brasília, p. 1-145 março 2019.

COELHO, E. F., Costa, F. S., Silva, A. C. e Carvalho, G. C. (2014). Concentração de nitrato no perfil do solo fertirrigado com diferentes concentrações de fontes nitrogenadas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 18, 263-269. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000300004>.

COELHO, Eugênio Ferreira et al. Concentrações da solução de injeção e seus efeitos no solo e na produtividade da bananeira da terra maranhão fertirrigada. *Engenharia Agrícola*, v. 34, n. 6, 2016.

DE AZEVEDO, Leandro Cardoso et al. Salinidade do solo em ambiente protegido. *Campo Digital*, v. 13, n. 1, 2018.

DE BASTOS ANDRADE, Carlos Alberto et al. Produtividade, crescimento e partição de matéria seca em duas cultivares de feijão. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 31, n. 4, p. 683-688, 2009.

DE MEDEIROS, Jailma dos Santos et al. Formas de potássio em solos representativos do Estado da Paraíba. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, n. 2, p. 417-426, 2014.

DE OLIVEIRA, Ademar Pereira et al. Rendimento produtivo e econômico do feijão-caupi em função de doses de potássio. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, n. 2, p. 629-634, 2009.

DE SOUSA, Geocleber Gomes et al. Fertirrigação potássica na cultura do morango no litoral Cearense. *Bragantia*, v. 73, n. 1, p. 1-6, 2014.

DE SOUZA, Gustavo Soares et al. Krigagem ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na espacialização de atributos químicos de um argissolo. **Scientia agraria**, v. 11, n. 1, p. 073-081, 2010.

DO AMARAL, Uirá; RODRIGUES, Felipe Poletto. Aspectos produtivos e econômicos da soja sob adubação suplementar em área de Pivô Central. *Multi-Science Journal*, v. 1, n. 3, p. 24-30, 2018.

DO LAGO LOPES, Klayton Antonio et al. Variabilidade espacial da condutividade elétrica de um solo coeso relacionada com argila. *Revista Unimar Ciências*, v. 26, n. 1-2, 2017.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. 2. ed. Londrina: Editora Planta, 2006. p. 169-236.

ESRI, *Software* ArcGIS: Disponível em: <<http://www.esri.com/software/arcgis/arcgisonline>>, Acesso em Outubro de 2016.

FERREIRA, I. O.; SANTOS, G. R. dos; RODRIGUES, D. D. Rstudo sobre a utilização adequada da krigagem na representação computacional de superfícies batimétricas. **RBC. Revista Brasileira de Cartografia**, v. 5, p. 811 - 822, 2013.

FERREIRA, Paulo Afonso et al. Produção relativa do milho e teores folheares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. *Revista Ciência Agronômica*, v. 38, n. 1, p. 7-16, 2007.

FREIRE, M. G. S.; SOUZA, E. R.; FREIRE, F. J. Fitorremediação de solos afetados por sais. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C.F. Manejo da salinidade na agricultura. Fortaleza, INCT Sal, 2010. 472 p.

FORTE, César Tiago et al. Coberturas vegetais do solo e manejo de cultivo e suas contribuições para as culturas agrícolas. *Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 13, n. 1, 2018.

GALVÃO, J. R.; FERNANDES, A. R.; MELO, N. C.; SILVA, V. F. A.; ALBUQUERQUE, M. P. F. Sistemas de manejo e efeito residual do potássio na produtividade e nutrição do feijão-caupi. *Revista Caatinga*, Mossoró, v.26, n.2, p.41-49, 2013.

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

ISAAKS, E.H. SRIVASTAVA, R.M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University, 1989. 561 p.

KAMINSKI, J. et al. Depleção de formas de potássio do solo afetada por cultivos sucessivos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, n. 5, p. 1003-1010, 2007.

KAMINSKI, J. et al. Potassium availability in a Hapludalf soil under long term fertilization. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, n. 3, p. 783-791, 2010.

KERRY, R.; OLIVER, M.A. Determining nugget: sill ratios of standardized variograms from aerial photographs to krige sparse soil data. **Precision Agriculture**, v.9, p.33-56, 2008. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11119-008-9058-0>>. Acesso em: 7 julho 2019. doi: 10.1007/s11119-008-9058-0.

MACHADO, PLO de A. et al. Mapeamento da condutividade elétrica e relação com a argila de Latossolo sob plantio direto. Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2006.

MARQUELLI, Waldir Aparecido et al. Frações ótimas da adubação com fósforo no pré-plantio e na fertirrigação por gotejamento de tomateiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 50, n. 10, p. 949-957, 2015.

MELLO, J. M. de OLIVEIRA, M. S. D. BATISTA, J. L. F. JÚNIOR, P. R. J. JÚNIOR, H. K. Uso do estimador geoestatístico para predição volumétrica por talhão. **Revista Floresta**, v. 36, n. 2, p. 251 - 260, 2006.

LEITE, João Victor Queiroz et al. Efeito do estresse salino e da composição iônica da água de irrigação sobre variáveis morfofisiológicas do feijão caupi 107127/rbaiv11n600630. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 6, p. 1825, 2017.

LIMA, C.J.G.S. et al. Resposta do feijão caupi a salinidade da água de irrigação. *Rev Verde Agroec Desenv Sustent*, Mossoró, v.2, n.2, p.79-86, 2007. Disponível em: <[http:// revista.gvaa.com.br/](http://revista.gvaa.com.br/)>. Acesso em: 26 abr. 2010.

MACHADO, PLO de A. et al. Mapeamento da condutividade elétrica do solo e relação com os teores de argila de um latossolo vermelho sob plantio direto de grãos no Paraná. In: **Embrapa Solos-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: congresso brasileiro de agricultura de precisão, 2004, Piracicaba. Anais... Piracicaba: ESALQ, 2004., 2004.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plant. 2. ed. New York: Academy, 1995. 889 p.

MATOS, A.T. (2007) Disposição de águas residuárias no solo. Viçosa: AEAGRI. 142 p. (Caderno Didático, n. 38)

MEDEIROS, P. R. F. et al. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande-PB, v. 16, n. 1, p.51-55, out. 2011.

MONTANARI, R. *et al.* Atributos químicos de um Latossolo espacialmente relacionados com a produtividade e componentes de produção do feijão em Selvíria (MS). *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.12, n.3, p.271- 281, 2013.

NAZARIO, Aline Azevedo et al. Avaliação da condutividade elétrica de um argissolo irrigado com água salina em diferentes profundidades. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2007/trabalhos/agrarias/.../INICG00373_02_O.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2019.

NETO, João Luiz Lopes Monteiro et al. Sucessão de culturas e doses de nitrogênio no rendimento da melancia em condições edafoclimáticas de Savana. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 10, n. 4, p. 309-316, 2017.

OLDONI, H.; BASSOI, L. H. Delineamento de zonas de manejo com base na condutividade elétrica aparente de solo arenoso. *Simpósio de geoestatística aplicada em ciências agrárias*, v. 4, 2015.

OLIVEIRA, Ademar Pereira de et al. Productive and economic yield of cowpea bean as a function of levels of potassium. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, n. 2, p. 629-634, 2009.

OLIVEIRA DA SILVA, Alexsandro; FARIAS DE FRANÇA E SILVA, Ênio; EVALDO KLAR, Antônio. Acúmulo e exportação de macronutrientes em beterraba sob diferentes manejos de fertirrigação e salinidade. *Bragantia*, v. 76, n. 1, 2017.

OLIVEIRA, Ismênia Ribeiro de et al. Variabilidade espacial de atributos físicos de solo coeso sob sistemas de manejo convencional e de plantio direto. 2016.

PASSOS, Máximo Lages Vieira; ZAMBRZYCKI, Geraldo Cesar; PEREIRA, Reginaldo Sérgio. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha-MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 4, p. 758-766, 2016.

PEREIRA CAVALCANTE, Alian Cássio et al. Adubação com potássio e cálcio na nutrição e produção de goiabeira'Paluma'. *Revista Ceres*, v. 66, n. 1, 2019.

PEREIRA FILHO, João Valdenor et al. Alteração química do solo cultivado com feijão caupi sob salinidade e dois regimes hídricos. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI*, v. 11, n. 8, 2017.

ROCHA, M. de M. et al. Feijão-caupi: cultivares ricas em ferro e zinco. Embrapa Roraima-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E), 2010.

SANTOS, G. R. OLIVEIRA, M. S. LOUZADA, J. M. SANTOS, A. M. R. T. Krigagem simples *versus* krigagem universal: qual o preditor mais preciso? **Revista Energia na Agricultura**, v. 26, n. 2, p. 49 - 55, 2011.

SCOLFORO, J.R.S.; MELLO, J.M. de. **Inventário Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. 300 p.

SILVA, A. O., Klar, A. E. e Silva, E. F. F. (2015). Manejo da Fertirrigação e salinidade do solo no crescimento da cultura da beterraba. *Engenharia Agrícola*, 35, 230-241. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agríc.v35n2p230-241/2015>.

SILVA, Davi José et al. Adubação orgânica e fertirrigação potássica em videiras Syrah. I: características químicas do solo. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: congresso brasileiro de ciência do solo, 35., 2015, Natal. O solo e suas múltiplas funções: anais. Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015., 2015.

SILVA, S. M. de S. e. et al. Composição química de 45 genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Teresina-PI: EMBRAPA, 2002. 2p. (comunicado técnico, 149).

SOARES, A. Geoestatística para as ciências da terra e do ambiente. ITP Press Instituto Superior Técnico, Portugal, 2006, 214 p.

SOUZA, T. R., Villas Bôas, R. L., Quaggio, J. A., Salomão, L. C. e Foratto, L. C. (2012). Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47, 846-854. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000600016>.

SOUZA, Zigomar Menezes de et al. Número de amostras na análise geoestatística e na krigagem de mapas de atributos do solo. **Ciência Rural**, 2014.

VALADARES, Ricardo De Normandes. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica em genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) de porte ereto/semi-ereto nas mesorregiões leste e sul maranhense. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 7, n. 2, p. 21-27, 2012.

VILLAS BÔAS, R. L.; SOUZA, T. R. Fertirrigação: uso e manejo. In: I Simpósio em Sistemas Agrosilvipastoris no Semi-árido, 1, 14 p., 2008.14p.

ZONTA, J. H. *et al.* Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada com algodoeiro no Cerrado do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.6, p.595–602, 2014.

ZORB C, Senbayram M & Peiter E (2014) Potassium in agriculture status and perspectives. *Journal of Plant Physiology*, 171:656- 669.