

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

GUILHERME DE OLIVEIRA TAVARES

VALIDAÇÃO DE ZONAS DE MANEJO A PARTIR DE ATRIBUTOS DA
FERTILIDADE DO SOLO

UBERLÂNDIA – MG
2023

GUILHERME DE OLIVEIRA TAVARES

**VALIDAÇÃO DE ZONAS DE MANEJO A PARTIR DE ATRIBUTOS DA
FERTILIDADE DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Sandro Manuel Carmelino Hurtado

UBERLÂNDIA – MG
2023

GUILHERME DE OLIVEIRA TAVARES

**VALIDAÇÃO DE ZONAS DE MANEJO A PARTIR DE ATRIBUTOS DA
FERTILIDADE DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo.

Prof. Dr. Sandro Manuel Carmelino Hurtado (ICIAG-UFU)

Prof. Dr. Wedisson Oliveira Santos (ICIAG-UFU)

Engº Agrº. Ígor Araujo Menezes De Avila

UBERLÂNDIA-MG, 28 DE JUNHO DE 2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a minha mãe Fabrícia, meu pai Jader, minha irmã Jordana, por prestar todo apoio necessário para a minha formação acadêmica, e nunca ter me abandonado nessa longa jornada.

Agradecer também a Universidade Federal de Uberlândia, por fornecer todo suporte e toda a equipe de colaboradores que foram essenciais para a minha formação tanto como pessoa como engenheiro agrônomo.

Ao Prof. Dr. Sandro Manuel Carmelino Hurtado, que me acolheu como seu orientado, onde além de orientador foi um amigo durante toda essa jornada, onde me deu toda a confiança, experiência e suporte, para me tornar um melhor profissional.

Aos meus amigos e familiares, que me ajudaram a superar todas as adversidades que surgiram ao longo do curso.

Por fim, agradecer ao Grupo de estudos em Agricultura de Precisão (GeAP), por me ajudar a fazer o projeto, pela troca de experiências e por todo o conhecimento que agregaram durante a minha formação.

RESUMO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma espécie da família *Poaceae* que vem ganhando destaque pela fácil adaptação a diferentes regiões e por atingir altas produtividades; e devido sua maior resistência a seca vem sendo utilizada na segunda safra, como alternativa ao milho. Com o crescimento da população mundial pesquisadores buscam formas de aumentar a produtividade das culturas por meio da tecnologia. Uma dessas tecnologias que vem agregando valor para o aumento da produtividade é a agricultura de precisão (AP), que apresenta um conjunto de ferramentas, incluindo softwares, que tem como objetivo a diminuição de perdas e potencialização de ganhos. Uma das estratégias usadas na agricultura de precisão são as zonas de manejo (ZM), uma técnica que subdivide o talhão em sub-regiões, de acordo com seu potencial produtivo, em busca de maior acurácia e compreensão dos fatores determinantes da variabilidade espacial. A fertilidade de um solo é influenciada por essas zonas de manejo, pois a disponibilidade de nutrientes varia entre zonas, sendo a fertilidade de importância para a produtividade. O trabalho foi conduzido na Fazenda Capim Branco, localizada no município de Uberlândia-MG, em uma área experimental de 25 ha, cultivada com o sorgo granífero. A área experimental foi dividida em três zonas de manejo, definidas a partir da geração de uma grade amostral de 50 pontos. Para se fazer a divisão das zonas de manejo foram levados em consideração os seguintes atributos: altitude da área, NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), textura do solo, condutividade elétrica e resistência a penetração. Dentro da área foram feitas coletas de solo nas profundidades de 0-0,2 e 0,2-0,4 m e levadas ao laboratório de análise de solos da UFU, com o objetivo de validar as zonas de manejo a partir da fertilidade do solo. A partir da análise de solo percebe-se que houve diferença na fertilidade dos solos para as três zonas de manejo, sendo a de maior fertilidade a zona de médio potencial produtivo. Portanto não foi possível validar a definição das zonas de manejo a partir de atributos de fertilidade do solo. Para esta área, a presença de compactação, verificada em trabalhos anteriormente realizados, impediu que a zona de alto potencial produtivo seja considerada como de médio potencial.

Palavras-chaves: Sorgo, agricultura de precisão, atributos químicos do solo.

ABSTRACT

Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) is a specie belonging to the Poaceae family, which has been gaining prominence due to its easy adaptation to different regions and its ability to achieve high yields. Due to its greater drought resistance, it is also being widely used as an alternative to corn in the second crop. With the growing global population and the need to feed all these people, researchers are seeking ways to increase crop productivity through technology. One of these technologies that is adding value to productivity enhancement is precision agriculture (PA), which encompasses a set of tools, including software, aimed at reducing losses and maximizing gains. One of the strategies used in precision agriculture is management zones (MZ), a technique that subdivides the field into sub-regions according to their productive potential in order to achieve greater accuracy and understanding of the determinants of spatial variability. Soil fertility is an attribute influenced by these management zones, as nutrient availability varies among zones, and this fertility is of paramount importance to productivity. The present study was conducted at Fazenda Capim Branco, located in the municipality of Uberlândia, state of Minas Gerais, Brazil, in an experimental area of 25 hectares where grain sorghum was cultivated. The experimental area was divided into three management zones, which were defined based on the generation of a large sample of 50 points. The following attributes were taken into consideration to divide the three management zones: area altitude, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), soil texture, electrical conductivity, and penetration resistance. Soil samples were collected within this area at depths of 0-20 cm and 20-40 cm, which were later taken to the soil analysis laboratory at UFU (Federal University of Uberlândia) in order to validate the management zones based on soil fertility. From the soil analysis, it was observed that there was a difference in fertility among the three management zones, with the zone of medium productive potential showing the highest fertility. Therefore, it was not possible to validate the definition of management zones based on soil fertility attributes. For this area, the presence of compaction, as observed in previous studies, prevented the high-potential zone from being considered as medium-potential.

Keywords: Sorghum, precision agriculture, soil chemical attributes.

SUMÁRIO

RESUMO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	2
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	4
4.	CONCLUSÃO.....	7
	REFERÊNCIAS	8

1. INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma cultura de ampla adaptação a diversos ambientes (MAGALHÃES et al., 2003), com destaque em regiões ou épocas com restrição hídrica devido ao sistema radicular profundo (FERNANDES et al., 2020). É utilizada como fonte energética animal (BUSO et al., 2011), na produção de etanol e de biocombustíveis (ALMEIDA, 2019).

Atualmente, a estimativa em produtividade dos grãos (safra 2022/23) é crescente, registrando 3 t/ha numa área de 1,2 milhões de ha, em comparação aos 2,8 t/ha e 1,0 milhões de ha da safra anterior (CONAB, 2023).

O aumento produtivo encontra na fertilidade do solo um importante aliado. O sorgo é mais exigente em nitrogênio (N) e potássio (K), seguido do cálcio (Ca), magnésio (Mg) e fósforo (P) (COELHO, 2015). O N participa na formação de proteínas, compõe o DNA, RNA, membrana plasmática e participa no processo da fotossíntese. O K tem função na abertura e fechamento de estômatos, na síntese de proteínas e na redistribuição de fotoassimilados e enchimento de grãos. Junto à fertilidade cabe salientar à estrutura física do solo, permitindo uma aeração e armazenamento de água adequados ao melhor desenvolvimento das raízes. Por sua vez, a matéria orgânica apresenta a propriedade de aumentar a retenção de água e a CTC do solo (CIOTTA et al., 2003).

Com o intuito de melhorar a eficiência da adubação como da sustentabilidade das lavouras, surge a agricultura de precisão (AP), auxiliando para o entendimento dos talhões produtivos (BERNARDI; INAMASU, 2014), por meio de registros mais detalhados (TSCHIEDEL et al, 2002). Uma das ferramentas mais utilizadas na AP é a definição de zonas de manejo (ZM). Nelas, a área é dividida em sub-regiões que podem apresentar diferentes potenciais produtivos. Essa divisão pode ser realizada com base em atributos que apresentam baixa variabilidade ao longo do tempo (BOTTEGA, 2014), a exemplo da condutividade elétrica do solo, altitude, NDVI, textura do solo e resistência do solo a penetração.

Nesse sentido, o presente trabalho teve por objetivo validar a definição de zonas de manejo a partir de atributos de fertilidade do solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na fazenda experimental Capim Branco (18°53'S e 48°20' W), pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia-MG. A área de 25 ha, apresenta histórico de uso com culturas graníferas desde 2012, em sistema plantio direto, com a soja em primeira safra, e o milho ou sorgo, na segunda safra. Em 2018 foi inserido no sistema de manejo o cultivo da pastagem, visando a integração lavoura-pecuária. A mudança pode ser observada a partir do histórico do índice de vegetação NDVI, a partir do site SatVeg da Embrapa (Figura 1).

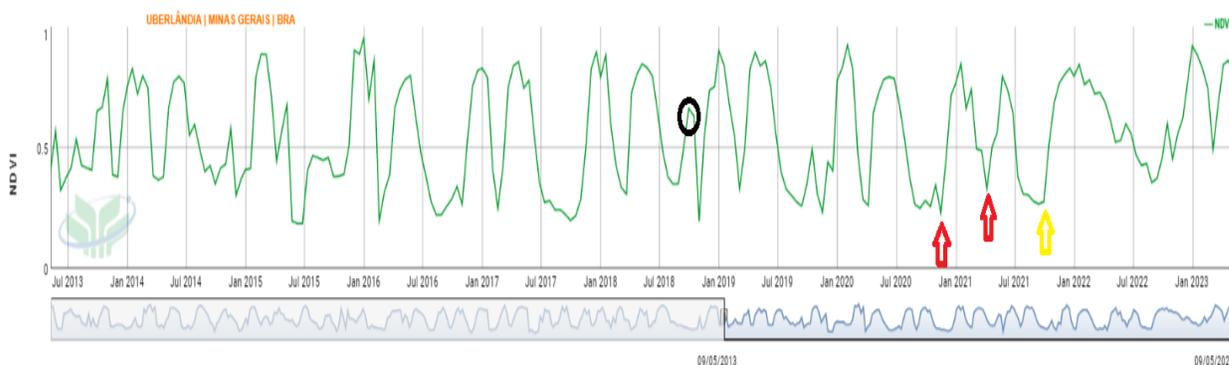


Figura 1: Histórico de uso da área a partir do índice de vegetação NDVI (as setas vermelhas indicam o início das safras 2020/2021 e 2021/21, a seta amarela indica o início da safra 2021/22 e o círculo preto indica a instalação da pastagem na área em consórcio com a segunda safra de grãos.

A definição de zonas de manejo na área foi realizada a partir da obtenção de dados em uma malha regular com 50 pontos amostrais, criada com auxílio do software Qgis (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2015). Foram usados os seguintes atributos para a definição de zonas de manejo: altitude, NDVI, condutividade elétrica do solo, areia, argila e resistência à penetração. O reconhecimento desses pontos a campo foi realizado com auxílio do sistema global de navegação por satélite - GNSS com uso do GPS de navegação Garmin eTrex Vista. Essa parte do estudo foi elaborada em trabalho anterior desenvolvido por LEPESQUEUR (2022). O presente trabalho consistiu na validação das zonas de manejo anteriormente criadas, a partir da coleta de informações referentes à fertilidade do solo (Figura 2).

Amostras de solo (0-0,2 m e 0,2-0,4 m) foram coletadas em doze pontos da malha amostral, sendo quatro delas para cada uma das três zonas de manejo previamente definidas (Figura 2).

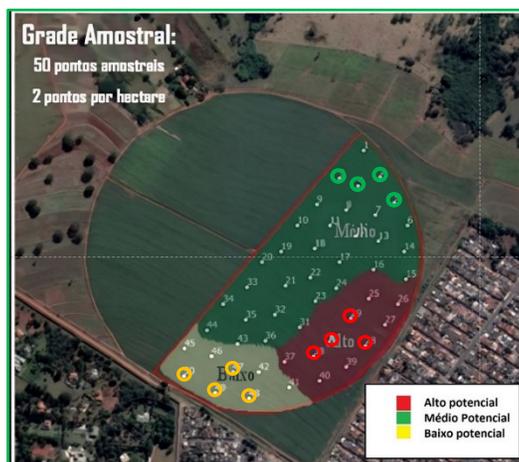


Figura 2. Delimitação das zonas de manejo e grade de pontos amostrais. Fonte: SOUTO (2022).

Em laboratório, as amostras secas ao ar foram passadas em peneira com malha de 2 mm, e posteriormente, realizadas análises de pH em água, fósforo (Mehlich-1), potássio (Mehlich-1), alumínio trocável, acidez potencial, cálcio, magnésio e matéria orgânica, conforme metodologia descrita em TEIXEIRA et al. (2017) (Figura 3).



Figura 3. Preparação das amostras de solo para análise de atributos da fertilidade.

A análise dos dados, para efeitos de validação das zonas de manejo, foi realizada a partir do teste t a 5% de probabilidade, com auxílio do programa Action, no ambiente Excel.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados de fertilidade do solo, coletados em 2022, é possível observar na camada superficial, uma tendência de menores valores de atributos da fertilidade do solo na zona de baixo potencial (Tabela 1). Essa evidência fica mais concreta para a camada de 0,2-0,4 m (Tabela 2).

Os valores de pH se diferiram significativamente entre as ZM de baixo e médio potencial, na profundidade de 0,2-0,4 m (Tabela 1 e 2). O fenômeno pode ser vinculado aos teores de matéria orgânica, onde o poder tampão desta estaria evitando mudanças bruscas nos valores de pH (BARBOSA et al, 2018). Os menores valores encontrados para a ZM de baixo potencial são explicados pela ação da subsolagem realizada nessa parte do terreno.

Tabela 1: Valores médios de atributos de fertilidade do solo (0-0,2 m), para cada uma das três zonas de manejo

ZONAS	pH	P	K	Ca	Mg	T	V	MO
	água	-----(mg/dm ³)----		----- (cmol _c /dm ³)-----			(%)	(dag/kg)
Baixo	5,88 a	7,87 a	153,2 a	2,15 a	1,21 a	5,42 a	68,45 a	0,81 a
Médio	5,95 a	22,55 b	141,27 a	3,04 a	1,38 a	7,04 a	65,38 a	1,27 b
Alto	5,89 a	11,71 ab	102,3 a	2,91 a	0,96 a	6,09 a	67,58 a	1,09 b

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância

Para o P, houve variação na camada superficial quando contrastada a zona de médio potencial com a zonas de baixo potencial (Tabela 1). O fenômeno pode ser explicado devido a intervenção mecânica com subsolador, prévio à safra de 2019/20, nos locais correspondentes as zonas de baixo e alto potencial, no intuito de reduzir o efeito da compactação na área (CRUZ, 2022). Dessa maneira, as ZM de baixo e alto potencial extraíram maior quantidade do nutriente do solo do que a extraída pela ZM de médio potencial. Outro possível fator de interferência, embora menos plausível, pode ter sido a relação existente entre a matéria orgânica e o P. Maior disponibilidade de P é explicada pela ação dos ácidos orgânicos presentes na matéria orgânica, sendo que maior teor de matéria orgânica foi relacionado ao maior teor de P (SANTOS et al., 2008).

Tabela 2: Valores médios de atributos de fertilidade do solo (0,2-0,4 m), para cada uma das três zonas de manejo.

ZONAS	pH	P	K	Ca	Mg	T	V	MO
	água	----(mg/dm ³)----		----- (cmolc/dm ³)-----			(%)	(dag/kg)
Baixo	4,79 a	17,51 a	44,23 a	0,56 a	0,49 a	3,13 a	37,42 a	0,61 a
Médio	5,74 b	13,25 a	83,20 a	1,92 a	1,00 a	5,83 b	51,52 a	1,22 b
Alto	5,17 ab	20,06 a	90,36 a	1,01 a	0,70 a	4,24 b	45,79 a	0,62 a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Quando avaliadas as bases (K, Ca e Mg) e a saturação de bases (V%), não foi possível observar diferenças significativas para ambas as camadas de solo (Tabela 1 e 2). Já para a CTC potencial (T), houve diferença significativa quando comparada a ZM de baixo potencial com as de médio e alto potencial. Essa variação pode ser explicada pelo menor teor de MOS na ZM de baixo potencial, sendo esta última importante para o fornecimento de cargas em solos de clima tropical.

De acordo com os dados, os maiores teores de matéria orgânica do solo (MOS) na superfície e subsuperfície foram encontrados na zona de médio potencial (Tabelas 1 e 2) e pode ter explicação na menor cota de altitude encontrada para essa zona de manejo (LEPESQUEUR, 2022). Nesse sentido, houve no decorrer dos anos um processo de percolação da matéria orgânica da parte superior da área (zonas de baixo e alto potencial) para a parte inferior da área (zona de médio potencial). Por conta das áreas de baixo e alto potencial se situarem a uma maior altitude que a área de médio potencial, esta última tende a possuir uma decomposição mais lenta da matéria orgânica pois os microrganismos responsáveis por esta decomposição são menos ativos em temperaturas mais frias, o que justifica o maior acúmulo da matéria orgânica em menor altitude em relação a outras onde há maior temperatura (LEPSCH, 2002). Quando analisados os dados (Tabelas 1 e 2) é possível observar uma tendência de maior potencial para a ZM de médio potencial.

No intuito de compreender se houve mudanças nos teores dos dados da fertilidade com o passar do tempo, as amostras de solo na profundidade de 0-0,2 m, obtidas para o ano de 2022, foram comparadas às obtidas em amostragem anterior, no ano de 2017 (Tabela 3).

Tabela 3: Comparação de médias dos teores de atributos de fertilidade do solo nas zonas de manejo na profundidade 0-20 cm, nos anos de 2017 e 2022.

ZONAS	pH água	P ----- (mg/dm ³) -----	K -----	Ca ----- (cmolc/dm ³) -----	Mg -----	T -----	V (%)	MO (dag/kg)
Zona de Manejo de Baixo Potencial								
2017	5,2 a	45,7 a	61,2 a	2,2 a	0,6 a	6,3 a	48,7 a	1,1 a
2022	5,9 b	7,9 b	153,2 b	2,1 a	1,2 b	5,4 b	68,4 b	0,8 b
Zona de Manejo de Médio Potencial								
2017	5,3 a	31,0 a	101,7 a	3,3 a	0,8 a	9,0 a	48,3 a	1,3 a
2022	5,9 a	22,5 a	141,3 a	3,0 a	1,4 a	7,0 b	65,4 b	1,3 a
Zona de Manejo de Alto Potencial								
2017	5,4 a	47,0 a	89,5 a	3,6 a	0,8 a	8,6 a	54,5 a	1,4 a
2022	5,9 a	11,7 b	102,3 a	2,9 a	1,0 a	6,1 b	67,6 a	1,1 b
Valores Médio das três Zonas de Manejo								
2017	5,3	41,2	84,1	3,1	0,7	7,9	50,5	1,26
2022	5,9	14,1	132,3	2,7	1,2	6,2	67,1	1,1
Valores Considerados Adequados								
	5,8-6,2	> 12	> 71	> 2,41	> 0,91	> 8,61	> 60	> 2,33

*Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

No comparativo entre as amostragens podemos perceber que os teores de fósforo reduziram fortemente nas ZM de baixo e alto potencial. A variação encontra explicação na subsolagem realizada em 2019, em metade da área, a mesma que compreendeu ambas ZM, de alto e baixo potencial (Figura 1). Em consequência da intervenção pode ser observado um aumento na exportação do nutriente pelas plantas, traduzido na diminuição dos teores de fosforo no solo.

Outra mudança observada na área foi a introdução da braquiária junto ao cultivo em segunda safra, no ano de 2018, focando na integração lavoura-pecuária. Em relação as demandas da pastagem, há maior exigência de N e K e menor de P. No entanto, Pinho Costa et al. (2010) verificaram uma maior extração do P em relação a dose de N adicionada. Nesse sentido, a pastagem extraiu o nutriente do solo reduzindo os teores disponíveis de P como evidenciado em 2022, em relação a 2017. Para o potássio foram observados aumentos nos teores. A CTC diminuiu para o ano de 2022 em razão da subsolagem, a mesma que desestruturou o solo e contribuiu à degradação da matéria orgânica, principal fonte de cargas negativas para o solo.

De acordo com o trabalho desenvolvido por Montezano et al. (2006) com a cultura do milho, foi verificado que há baixa correlação entre os atributos de fertilidade do solo e a produtividade, sugerindo que outros fatores tenham uma maior influência. Por sua vez, Silva et al.

(2015) obtiveram maior variabilidade espacial na produção de feijão em razão da influência de atributos físicos, onde a densidade do solo, a porosidade total, a umidade volumétrica e gravimétrica, explicaram juntas 39% da variabilidade existente na área.

4. CONCLUSÃO

De forma isolada, os atributos de fertilidade do solo não permitem validar a definição de zonas de manejo previamente estabelecidas.

Solos de maior fertilidade podem não promover maiores produtividades quando há presença de impedimentos físicos na área que dificultam o normal desenvolvimento das plantas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. G. F. **Etanol de segunda geração utilizando sorgo biomassa (Sorghum bicolor)**. 2019. Trabalho apresentado ao programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis - Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri, 2019. Disponível em: http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/2066/6/luciana_gomes_fonseca_almeida.pdf Acesso em 22 mai.2023.

BARBOSA, B. D. S.; FERRAZ, G. A. e S.; REYNALDO, E. F.; GONÇALVES, L. M.; GONÇALVES, J. R. M. R. Correlação entre pH e matéria orgânica do solo determinados por um sensor de contato direto em comparação à análise laboratorial. **ENERGIA NA AGRICULTURA**, v. 33, n. 4, p. 373–378, 2018. DOI: 10.17224/EnergAgric.2018v33n4p373-378.

BERNARDI, A. C.; INAMASU, R. Y. Adoção da agricultura de precisão no Brasil. In: BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (org.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 559-577.

BOTTEGA, E. L. **Use of site-specific management for soybean production in the Brazilian Savannah**. 2014. 92 f. Tese (Doutorado em Construções rurais e ambiência; Energia na agricultura; Mecanização agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

BUSO, W.H.D. et al. **Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal**. PUBVET, Londrina, v. 5, n. 23, Ed. 170, Art. 1145, 2011.

CIOTTA et. al. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.6, p.1161-1164, 2003.

COELHO, A. M. Embrapa. **Cultivo do Sorgo: nutrição e adubação**. Nutrição e adubação. 2015. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=8301&p_r_p_-996514994_topicoId=9204. Acesso em: 31 mar. 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, março 2023**. Brasília: CONAB, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 14 de março de 2023.

CRUZ, M. C. **Metodologias para análise espacial da resistência do solo à penetração**. 16f. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, 2022.

FERNANDES, P. B.; THEODORO, G. F.; GURGEL, A. L. C. et al. **Aspectos relacionados ao potencial forrageiro do sorgo: Revisão**. PUBVET v.14, n.7, a603, p.1-7, 2020.

LEPESQUEUR, T. N. **Zonas homogêneas na validação de atributos biofísicos na cultura do sorgo granífero**. 20f. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, 2022.

LEPSCH, Igo F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002

MAGALHÃES, P. C. et al. **Fisiologia da planta do sorgo**. Sete lagoas, MG: Embrapa milho e sorgo, 2003. (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA- milho e sorgo. Comunicado Técnico, 86)

MONTEZANO ZF, CORAZZA EJ, MURAOKA T. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada e manejada homogeneamente. **R. Bras. Ci. Solo**. 2006; v. 30, p.839-47.

PINHO COSTA, K. A.; OLIVEIRA, I. P. de; SEVERIANO, E. C.; et al. Extração de nutrientes pela fitomassa de cultivares de *Brachiaria Brizantha* sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira / Brazilian Animal Science**, Goiânia, v. 11, n. 2, p. 307–314, 2010.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. 2015.

SANTOS, D.R.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural** [online], vol.38, n.2, p.576-586, 2008.

SILVA, E. N. S.; MONTANARI, R.; PANOSSO, A. R., et al. Variabilidade de atributos físicos e químicos do solo e produção de feijoeiro cultivado em sistema de cultivo mínimo com

irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 598-607, abr. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20140429>.

SOUTO, F. P. **Estoque de carbono em áreas de diferentes potenciais produtivos**. 14f. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, 2022.

TEIXEIRA, P. C.; et.al. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3 ed. EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS). Brasília/DF, 2017.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 159-163, fev. 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782002000100027>