

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

LUCAS ITACARAMBI FERREIRA

**TEORES DE NUTRIENTES EM PLANTAS DE SORGO LEVANDO EM
CONSIDERAÇÃO A DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MANEJO**

**UBERLÂNDIA - MG
2023**

LUCAS ITACARAMBI FERREIRA

**TEORES DE NUTRIENTES EM PLANTAS DE SORGO LEVANDO EM
CONSIDERAÇÃO A DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MANEJO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Uberlândia, como parte
das exigências do Curso de Bacharelado em
Agronomia, para obtenção do título de “Engenheiro
Agrônomo”

Orientador: Prof. Dr. Sandro Manuel
Carmelino Hurtado

UBERLÂNDIA - MG
2023

LUCAS ITACARAMBI FERREIRA

**TEORES DE NUTRIENTES EM PLANTAS DE SORGO LEVANDO EM
CONSIDERAÇÃO A DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MANEJO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Uberlândia, como parte
das exigências do Curso de Bacharelado em
Agronomia, para obtenção do título de “Engenheiro
Agrônomo”.

Uberlândia, 29 de junho de 2023

Orientador - Prof. Dr. Sandro Manuel Carmelino Hurtado

Prof. Dr. Wedisson Oliveira Santos

Eng° Agr° Ígor Araujo Menezes De Avila

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre me deu força e fé para continuar a seguir o meu caminho.

À toda minha família, em especial aos meus queridos pais e meus irmãos, que sempre me incentivaram a perseguir meus objetivos e superar todos os obstáculos.

Ao orientador Sandro Manuel Carmelino Hurtado, pela confiança e por todos os conhecimentos transmitidos, por ser esse profissional no qual eu me espelho, contribuindo muito para minha evolução pessoal e profissional.

Aos companheiros do Grupo de estudos em Agricultura de Precisão (GeAP), que me ajudaram na execução do trabalho.

A todos meus amigos, que sempre me apoiaram, estiveram presentes quando precisei, e que contribuíram para a conclusão desse trabalho.

RESUMO

FERREIRA, Lucas Itacarambi. **Teores de nutrientes em plantas de sorgo levando em consideração a definição de zonas de manejo**. 15f. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, 2023.

O sorgo é o quinto cereal mais cultivado no mundo e vem ganhando destaque na cadeia produtiva brasileira. A agricultura de precisão é uma ferramenta que pode ser utilizada como fonte de dados para a tomada de decisão dos produtores e técnicos. Em razão da grande quantidade de dados gerados se faz necessário o uso de análises eficientes que permitam relacionar os diferentes atributos dos talhões, definindo-se assim as zonas de manejo. São escassos trabalhos científicos que caracterizam e comparam diferentes zonas de manejo. Com isso, o objetivo do presente trabalho foi o de validar a definição de zonas de manejo de acordo aos teores de nutrientes extraídos e exportados pela cultura do sorgo. O trabalho foi conduzido na fazenda experimental Capim Branco, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia. Considerou-se três zonas de manejo (alto, médio e baixo potencial produtivo) e os teores de nutrientes na parte aérea (incluindo panícula) e nos grãos, em 4 repetições. Foi determinado o teor de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B da parte aérea e dos grãos de sorgo. Os dados médios foram submetidos ao teste de T a 5% de probabilidade. Os resultados permitiram verificar que não houve variação nos teores de macronutrientes e micronutrientes na parte aérea e nos grãos de sorgo quando comparadas zonas de alto, médio e baixo potencial produtivo. A parte aérea do sorgo registrou maiores teores de K e B. Enquanto, nos grãos registraram maiores teores de N, Mn, Fe e Zn. Os teores de macronutrientes na parte aérea do sorgo seguiu a sequência $K > N > Ca > P > Mg > S$. Já nos grãos seguiu a ordem decrescente: $N > Ca > K > Mg > P > S$, independente da zona de manejo.

Palavras chave: Agricultura de precisão, *Sorghum bicolor* L., zona de manejo.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. MATERIAL E MÉTODOS	8
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
4. CONCLUSÃO	12
REFERÊNCIAS	13

1. INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é o quinto cereal mais cultivado no mundo, seguido do arroz, trigo, milho e cevada (SOLOGUREN, 2015). No Brasil, é alternativa para a fabricação de rações, dada a riqueza dos grãos em amido e teores de proteína superiores aos registrados para o milho (LANDAU *et al.* 2020).

Dentre os grupos de sorgo (granífero, sacarino, forrageiro, vassoura e biomassa), o granífero destaca pela maior importância econômica, sendo destinado à produção de grãos, em parte, pela adaptação à colheita mecanizada (RODRIGUES *et al.*, 2015). O Brasil é o 9º produtor mundial do grão (FAO, 2022), com aumento de área de cultivo em 1.278% em relação as últimas três décadas. Na safra 2022/23 a área de plantio estimada foi de 1,36 milhões de hectares, com produtividade média de 3.165 kg ha⁻¹ e produção 38,7% maior à registrada na safra anterior (CONAB, 2023).

Com o avanço da agricultura para novas fronteiras agrícolas, torna-se cada vez mais necessário, aprimorar o gerenciamento dos sistemas produtivos. A agricultura de precisão (AP), como ferramenta, possibilita quantificar a variabilidade da produtividade e dos fatores que influenciam a produção (MOLIN, 2002). São assim requeridos processos de coleta de dados, gerenciamento da informação, aplicação de insumos em taxa variada, avaliação econômica e ambiental (SOARES FILHO; CUNHA, 2015). A ferramenta tem adoção crescente por parte dos agricultores que cultivam sorgo (10%), principalmente, nos processos de amostragem em grade e aplicação de insumos em taxa variada (SOARES FILHO; CUNHA, 2015).

A extensa quantidade de dados gerados pela AP requer análises eficientes que permitam compreender as relações entre os atributos que direcionam as produtividades dos talhões. Essas relações são melhor explicadas ao definir zonas de manejo (ZM) a partir de atributos de produtividade, solo e planta. Este último também com auxílio de índices de vegetação (IV) (BAZZI *et al.*, 2019; DAMIAN *et al.*, 2020; ROSA, 2021). Como benefícios do uso de ZM podemos destacar a redução no uso de maquinários e economia na amostragem de solos, a melhora na gestão da fertilização, da pulverização e do uso de água (ALBORNOZ; ÑANCO; SÁEZ, 2019; BOTTEGA *et al.*, 2017).

A variabilidade espacial em atributos químicos do solo pode significar, também, um desequilíbrio nas funções metabólicas das plantas e causar limitações no desenvolvimento e produtividade do sorgo (NOVAIS *et al.*, 2007), como registrado no trabalho de Bernardi *et al.* (2014), ao analisarem a variabilidade espacial de atributos do solo e biofísicos da cultura. A definição das ZM permite, assim, aprimorar o

conhecimento no balanço nutricional das culturas e auxiliar na recomendação de insumos, sendo alternativa para o gerenciamento da cultura do sorgo.

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi o de validar a definição de zonas de manejo de acordo aos teores de nutrientes extraídos e exportados pela cultura do sorgo.

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. O local possui altitude média de 825 m e clima tipo Aw (Köppen-Geiger), tropical com estação seca de inverno. A área de estudo, de 25 ha, foi cultivada desde 2012, em sistema plantio direto sob sequeiro, com soja em primeira safra e milho ou sorgo, em segunda safra.

O trabalho consistiu numa sequência de passos iniciados com: 1) amostragem de atributos de solo e aquisição de imagens para a definição de zonas de manejo; 2) coleta de material de planta e grãos do sorgo e, finalmente; 3) validação das zonas de manejo considerando o conteúdo dos nutrientes em cada zona de manejo. O primeiro passo compreendeu um estudo prévio, o qual é detalhado no trabalho de Lepesqueur (2022). O presente trabalho de pesquisa compreendeu a elaboração dos passos posteriores.

Inicialmente, foi delimitada uma malha regular sistematicamente aleatorizada, com 50 pontos de amostragem, com dois pontos por ha, criada com auxílio do software Qgis (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2021). O reconhecimento dos pontos a campo e a obtenção de dados de altitude foi realizado a partir do sistema global de navegação por satélite - GNSS, com uso do GPS de navegação marca Garmin e-Trex Vista®, munido com altímetro barométrico (Figura 1). Para obtenção dos atributos do solo (areia, argila, condutividade elétrica aparente do solo – CE, resistência a penetração - RP) e biofísicos da cultura do sorgo, foram demarcadas parcelas úteis para cada um dos 50 pontos da malha amostral. Foi coletado solo em profundidade de 0 - 0,2 m para determinação dos teores de areia, argila (CAMARGO *et al.*, 2009) e CE (CARMO; SILVA, 2016).

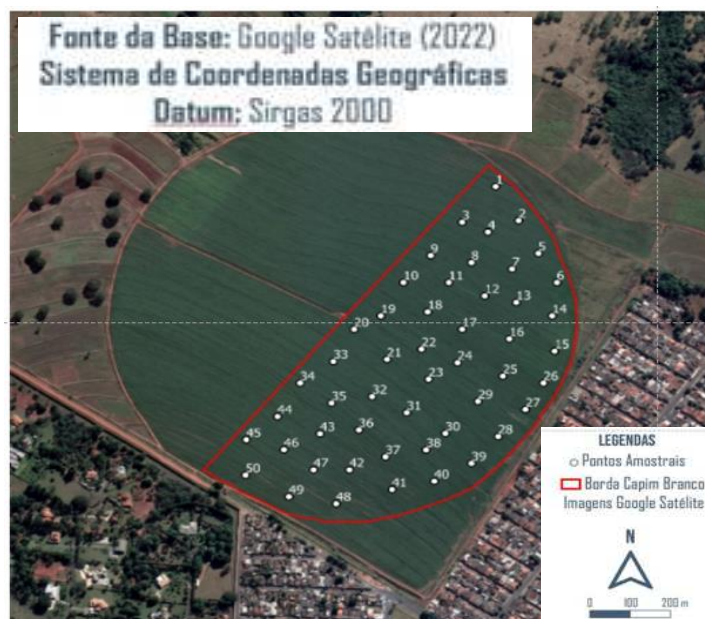


Figura 1. Área de estudo e localização dos pontos amostrais georreferenciados. (Adaptado de LEPESQUEUR, 2022).

A avaliação da resistência à penetração (RP) foi realizada em abril de 2021, com auxílio do penetrômetro de impacto (STOLF, 1991), considerando 3 leituras para cada ponto da malha amostral. Informações de índice de vegetação por diferença normalizada-NDVI foram obtidas a partir de imagens do satélite Sentinel-2 (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), com resolução espacial de 10 m e uso das bandas espectrais do vermelho (banda 4) e infravermelho próximo (banda 8) (ROUSE *et al.*, 1974). As imagens foram coletadas aos 51 dias após semeadura do sorgo, em data próxima ao florescimento. A interpolação dos atributos e geração de mapas de distribuição espacial foi realizada com auxílio da geoestatística, a partir do ajuste de modelos à semivariogramas experimentais (VIEIRA, 2000).

A definição das zonas de manejo (ZM) foi realizada no ambiente Qgis com uso do plugin Smart Map (SMP), a partir dos dados de altitude, areia, argila, CE, RP e NDVI. Foram identificadas três zonas, atribuindo-lhes um potencial de resposta baixo, médio e alto, respectivamente (LEPESQUEUR, 2022).

Como segundo passo foi realizada a coleta de material de planta e de grão. A semeadura do sorgo granífero (31/03/2021), híbrido precoce 50A60 (Pioneer®), foi realizada visando uma população de 220 mil plantas por ha. O planejamento e tratamentos culturais seguiram o padrão realizado pela fazenda. No momento da colheita (23/08/2021) foram demarcadas parcelas de 8m² (4 linhas espaçadas 0,5 m e 4 m de comprimento),

com 4 repetições, para cada uma das três zonas de manejo descritas, totalizando 12 parcelas experimentais. Nelas foram retiradas, por arranquio manual, amostras com dez plantas inteiras, considerando as duas linhas centrais da parcela (sequência de 5 plantas por linha) e desconsiderando 0,5 m de bordadura nas extremidades das linhas. Foram obtidas assim, amostras da parte aérea do material vegetal de sorgo (parte aérea + panícula sem grãos) e dos grãos.

Como passo final foi realizada a validação da definição das ZM, a partir da determinação dos teores de nutrientes exportados e extraídos das plantas (parte aérea + panícula sem grãos) e grãos do sorgo, respectivamente. As amostras de tecido e grãos foram secas em estufa a 65°C, até estabilizar a massa, e moídas em moinho tipo Wiley. Para a digestão da matéria seca e extração de macro e micronutrientes seguiu-se o método de McGrath e Cunliffe (1985). Foram determinados a massa seca da parte aérea (parte aérea + panícula sem grãos), massa seca dos grãos e dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

A análise estatística considerou a análise de correspondência entre as ZH e os valores extraídos e exportados pelos grãos, a partir do teste T ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando avaliados os teores de macronutrientes nas zonas homogêneas foi verificado diferença significativa na exportação de Ca e S em grãos de sorgo, com os menores valores encontrados na ZH de alto potencial produtivo. Diferença estatística não foi observada para os valores extraídos na parte aérea das plantas (Tabela 1 e 2). Ao comparar os teores de N na parte aérea e grãos do sorgo, para as três zonas, pode se observar o maior valor de média para o teor exportado (13,19 g.kg⁻¹) em relação ao extraído (7,29 g.kg⁻¹). Os dados se contrapõem aos encontrados por Albuquerque, Camargo e Souza (2013), quando considerados os teores de N no colmo e folhas do sorgo (15,0 g kg⁻¹) e nos grãos (24,0 g kg⁻¹). Tendência similar à encontrada para o N foi observada para o P, com maiores teores na parte aérea (1,85 g kg⁻¹) e menores teores nos grãos (1,09 g kg⁻¹).

Para o K, o teor do nutriente na parte aérea do sorgo (14,11 g kg⁻¹) foi superior 4,3 vezes ao teor encontrado nos grãos (3,28 g kg⁻¹), resultado que evidencia a importância da adubação potássica para o crescimento vegetativo da cultura (Tabelas 1 e 2). Tendência

semelhante foi descrita por Coelho (2015), apontando valores de K de 10,6 kg t⁻¹ na parte aérea (folha + caule) e de 2,53 kg t⁻¹ nos grãos, e relação de 4,2 vezes para os valores extraídos e exportados.

Tabela 1. Teores de macronutrientes minerais na parte aérea do sorgo quando considerada a definição de zonas homogêneas de diferente potencial produtivo.

Zona de Manejo	N (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)	S (g kg ⁻¹)
Alto	7,35 A	1,31 A	13,57 A	6,16 A	0,85 A	0,31 A
Médio	8,14 A	2,51 A	14,34 A	5,22 A	0,99 A	0,41 A
Baixo	6,39 A	1,75 A	14,41 A	5,81 A	0,93 A	0,30 A

*Médias seguidas por letras maiúsculas, distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de T a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Teores de macronutrientes minerais em grãos de sorgo quando considerada a definição de zonas homogêneas de diferente potencial produtivo.

Zona de Manejo	N (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)	S (g kg ⁻¹)
Alto	12,60 A	1,05 A	3,17 A	6,70 AB	1,99 A	0,06 B
Médio	13,92 A	1,08 A	3,04 A	6,60 B	1,67 A	0,13 A
Baixo	13,05 A	1,18 A	3,63 A	7,78 A	1,88 A	0,11 A

*Médias seguidas por letras maiúsculas, distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de T a 5% de probabilidade.

Considerando os valores médios dos teores para as três zonas de manejo, a extração de macronutrientes pela parte aérea do sorgo seguiu a sequência: K>N>Ca>P>Mg>S. Enquanto, a exportação de nutrientes nos grãos seguiu a ordem: N>Ca>K>Mg>P>S. A ordem do N, P e K para ambas as sequências foi corroborado por Albuquerque, Camargo e Souza (2013), em estudo descrevendo a extração de macronutrientes para a cultura do sorgo.

O resíduo da palhada de sorgo, principalmente quando incorporada, é importante fonte de K, Ca e Mg para o solo. O N, por sua vez, é o elemento mais exportado pelos grãos do sorgo (PITTA et al., 2001), devendo ser considerado nas adubações de reposição para cultivos subsequentes (COELHO, 2015).

Quando avaliados os micronutrientes foram verificados valores de Fe 8,7 vezes superior para os grãos de sorgo em relação à parte aérea das plantas (Tabela 3 e 4). Esses valores são opostos aos apresentados no trabalho de Coelho (2015), sendo observado uma

extração do nutriente 6,5 vezes maior para a parte aérea da cultura. Para o Cu o maior teor para a parte aérea no sorgo foi observado na zona de médio potencial produtivo (5,30 mg.kg⁻¹), enquanto o menor teor foi verificado na zona de baixo potencial produtivo (2,47 mg.kg⁻¹). Os valores são em média superiores aos apontados por Coelho (2015) tanto na parte aérea (2,39 g.t⁻¹) como nos grãos (2,98 g.t⁻¹). Para o Mn, a maior extração do nutriente foi na zona de baixo potencial, superior 8,6 vezes a encontrada na zona de médio potencial (Tabela 4).

Tabela 3. Teores de micronutrientes minerais na parte aérea do sorgo quando considerada a definição de zonas homogêneas de diferente potencial produtivo.

Zona de Manejo	Cu (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	B (mg kg ⁻¹)
Alto	3,54 AB	34,58 A	17,41 A	19,50 A	61,44 A
Médio	5,30 A	44,88 A	20,40 A	21,60 A	58,37 A
Baixo	2,47 B	32,66 A	15,31 A	28,84 A	58,37 A

*Médias seguidas por letras maiúsculas, distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de T a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Teores de micronutrientes minerais em grãos de sorgo quando considerada a definição de zonas homogêneas de diferente potencial produtivo.

Zona de Manejo	Cu (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	B (mg kg ⁻¹)
Alto	4,24 A	373,71 A	29,12 A	107,08 A	14,67 A
Médio	3,62 A	325,69 A	32,11 A	77,58 A	10,50 A
Baixo	4,24 A	264,04 A	32,95 A	168,10 A	38,20 A

*Médias seguidas por letras maiúsculas, distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de T a 5% de probabilidade.

Reduções em produtividade e até mesmo a senescência da planta podem ser consequência de desequilíbrios no processo metabólico envolvendo os micronutrientes (ORLANDO FILHO, 1993).

4. CONCLUSÃO

Não há mudanças significativas nos teores de macronutrientes e micronutrientes na parte aérea e nos grãos de sorgo quando consideradas as zonas de alto, médio e baixo potencial produtivo.

A parte aérea do sorgo extraiu os maiores teores de K e B, enquanto, os grãos exportaram as maiores quantidades de N, Mn, Fe e Zn.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; CAMARGO, R. D.; SOUZA, M. F. **Extração de macronutrientes no sorgo granífero em diferentes arranjos de plantas.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete lagoas, v. 12, n. 1, p. 10-20, 2013.

ALBORNOZ, V. M.; ÑANCO, L. J.; SÁEZ, J. L. **Delineating robust rectangular management zones based on column generation algorithm.** Computers and Electronics in Agriculture, v. 161, p. 194–201, 2019. Elsevier. DOI: 10.1016/j.compag.2019.01.045

BAZZI, C. L. *et al.* **A software for the delineation of crop management zones (SDUM).** Australian Journal of Crop Science, v. 13, n. 1, p. 26–34, 2019.

BERNARDI, A. C. de C. *et al.* **Variabilidade espacial de parâmetros físico-químicas do solo e biofísicos de superfície em cultivo do sorgo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.18, n.6, p.623–630, 2014.

BOTTEGA, E. L. *et al.* **Precision agriculture applied to soybean: Part I - Delineation of management zones.** Australian Journal of Crop Science, v. 11, n. 5, p. 573–579, 2017. DOI: 10.21475/ajcs.17.11.05. p.381.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A C; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A S. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas.** Campinas, Instituto Agronômico; 2009.77 p. (Boletim técnico, 106, Edição revista e atualizada).

CARMO, D. L.; SILVA, C. A. **Condutividade elétrica e crescimento do milho em solos contrastantes sob aplicação de diversos níveis de calagem.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.51, p.1762-1772, 2016.

COELHO, A. M. **MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO, EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E ADUBAÇÃO DO SORGO GRANÍFERO.** Research Gate, Sete Lagoas, 2015. Embrapa Milho e Sorgo. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.2914.3846>.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, **n. 9, Nono levantamento, junho, 2023.** Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 21 de jun. 2023.

DAMIAN, J. M.; PIAS, O. H. C.; CHERUBIN, M. R.; FONSECA, A. Z.; FORNARI, E. Z.; SANTI, A. L. **Applying the NDVI from satellite images in delimiting management zones for annual crops.** Scientia Agrícola, v. 77, n. 1, p. 1–11, 2020.

FAO. **Food and agriculture data: production: crops.** Disponível em:<<https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>>. Acesso em: 12 jul. 2022

FERREIRA, D. F. **SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs**. Revista brasileira de biometria, v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019. ISSN 1983-0823. Disponível em: <<http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>>. Acesso em: 10 ago. 2022. DOI: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

FRIBOURG, H. A. *et al.* **Nutrient uptake by corn and grain sorghum silage as affected by soil type, planting date, and moisture regime**. Agronomy Journal, Madison, v. 68, p. 260-263, 1976.

LANDAU, E. C. *et al.* (Ed.). **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: produtos de origem vegetal**. Brasília, DF: Embrapa, v. 2, cap. 38, p. 1243-1269, 2020.

LEPESQUEUR, T. N. **Zonas Homogêneas na Validação de Atributos Biofísicos do Sorgo Granífero**. 20 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

MCGRATH, S. P.; CUNLIFFE, C. H. **A simplified method for the extraction of metals Fe, Zn, Cu, Ni, Cd, Pb, Cr, Co and from soils and sewage sludges**. Journal of Science of Food and Agriculture Barking. V. 36, p. 794-798, 1985.

MOLIN, J. P. **Desafios da agricultura brasileira a partir da agricultura de precisão**. In: SIMPÓSIO SOBRE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 3., 2002, Piracicaba. Anais. Piracicaba: Potafós, 2002.

NOVAIS, R. F. *et al.* **Fertilidade do Solo**. Viçosa: [s.n.], 2007. 1017 p.

ORLANDO FILHO, J. **Calagem e adubação da cana de açúcar**. In: CÂMARA, G. M. S.; OLIVEIRA, E.A.M. (ed.). Produção de cana de açúcar. Piracicaba: FEALQ/USP, p.133-146, 1993.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. 2007. **Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification**. Hydrology Earth System Sciences 11: 1633–1644.

PITTA, G. V. E. *et al.* **Fertilidade do solo e nutrição mineral do sorgo forrageiro**. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p. 519-544.

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. 2021.

RODRIGUES, J. A. S. *et al.* Manejo cultural. In: PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF:

Embrapa, 2015. cap. 8, p. 123-139. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas). Acesso em: 9 jul. 2022.

ROSA, H. A. **Sensoriamento remoto orbital e não orbital no delineamento de zonas de manejo para agricultura de precisão**. 2021. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel - PR.

ROUSE, J.W., *et al.* **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS**, In: S.C. Freden, E.P. Mercanti, and M. Becker (eds) Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Volume I: Technical Presentations, NASA SP-351, NASA, Washington, D.C., pp. 309-317, 1974.

SOARES FILHO, R.; CUNHA, J. P. A. R. **Agricultura de Precisão: Particularidades de sua Adoção no Sudoeste de Goiás - Brasil**. Eng. Agric. Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 689-698, jul/ago. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p689-698/2015>

SOLOGUREN, L. **Produtividade do milho no Brasil: o novo desafio para consolidar as exportações**. Disponível em: <<http://www.cib.org.br/pdf/sologuren.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

STOLF, R. **Teoria e teste experimental de formulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.15, n.2, p.229-235, 1991.

VIEIRA, S.R. **Geoestatística em estudos de variabilidade especial do solo**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. & SCHAEFER, G.R., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.1-54, 2000.