

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

MATHEUS MIRANZE PINHAL

EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES EM MILHO CULTIVADO EM ÁREAS COM
DIFERENTES POTENCIAIS PRODUTIVOS

Uberlândia – MG

2022

MATHEUS MIRANZE PINHAL

EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES EM MILHO CULTIVADO EM ÁREAS COM
DIFERENTES POTENCIAIS PRODUTIVOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Sandro Manuel Carmelino Hurtado

Uberlândia – MG

2022

MATHEUS MIRANZE PINHAL

EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES EM MILHO CULTIVADO EM ÁREAS COM
DIFERENTES POTENCIAIS PRODUTIVOS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Ciências
Agrárias da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel em
Agronomia.

Uberlândia, 09 de agosto de 2022.

Banca examinadora:

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

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

Eng^o Agr^o Maria Eduarda Pereira Santos

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar todos esses anos a alcançar o sonho de concluir o curso de Agronomia.

À minha família, minha Mãe Valdineia e meu Pai Fernando que me deram suporte e incentivo durante toda a graduação;

Aos meus amigos, em especial ao seletivo grupo de amigos da 63ª turma do curso, que me acompanharam e me apoiaram durante todo o percurso na faculdade.

À Universidade Federal de Uberlândia pela oportunidade em finalizar o curso de Agronomia.

Ao meu orientador, o Prof. Dr. Sandro Manuel Carmelino Hurtado, que me deu a oportunidade de ingressar no GeAP – Grupo de Estudos em Agricultura de Precisão, ainda nos anos iniciais da graduação, grupo esse que me ajudou a desenvolver novas habilidades e fazer novas amizades, além disso me auxiliou da melhor forma para concluir o trabalho que aqui escrevo.

À equipe da Fazenda ElDorado por fornecer a propriedade para geração da pesquisa.

RESUMO

A produção de milho no Brasil é de crescente importância e exige um aporte nutricional equilibrado. A agricultura de precisão auxilia nesse propósito ao direcionar o uso eficiente de fertilizantes a partir da definição de zonas homogêneas (ZH). Objetivou-se, neste trabalho, avaliar as variações dos teores na exportação de nutrientes em milho para diferentes densidades populacionais e zonas de diferentes potenciais produtivos. Os dados foram coletados em fazenda de produção de grãos, em 44 ha. No talhão foram definidas duas zonas homogêneas: de alto e baixo potencial produtivo. Nas ZH foram dispostas parcelas experimentais considerando populações de 60, 70 ou 80 mil plantas/ha. Foram assim definidas 18 parcelas experimentais considerando duas ZH e três densidades populacionais, com 3 repetições cada. Os dados foram submetidos a análise de variância utilizando-se o teste F e comparação das médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Houve diferença significativa para o N na fonte de variação ZH, não sendo observada significância para demais nutrientes avaliados e para a população de plantas. Os dados permitiram evidenciar variações nos teores exportados de N quando comparados à valores de referência da literatura. Para os valores exportados de P e K houve redução em relação a valores de literatura. Conclui-se que há diferença nos teores de N exportados pelo grão de milho quando considerados locais de diferentes potenciais produtivos, onde a obtenção de valores para o próprio talhão é vantajosa visando a adubação de reposição do nutriente.

Palavras-chave: Agricultura de precisão, zonas homogêneas, *Zea mays L.*

ABSTRACT

Corn production in Brazil is of increasing importance and requires a balanced nutritional intake. Precision agriculture helps in this purpose by directing the efficient use of fertilizers from the definition of homogeneous zones (ZH). The objective of this work was to evaluate variations in the levels of nutrient exports in maize for different population densities and areas of productive potential. Data were collected on a commercial grain production farm, in 44 ha. In the stand, two homogeneous zones were defined: high and low productive potential. In the ZH, experimental plots were arranged considering populations of 60, 70 or 80 thousand plants/ha. Thus, 18 experimental plots were defined considering two ZH and three population densities, with 3 replications each. Data were submitted to analysis of variance using the F test and comparison of means using Tukey's test, at 5% probability. There was a significant difference for N only for the source of variation ZH, with no significance observed for the other nutrients evaluated and for the plant population. The data allowed to evidence variations in the exported N levels when compared to the reference values in the literature. For the exported values of P and K there was a slight reduction in relation to values in the literature. It is concluded that there is a difference in the levels of N exported by the corn grain when considering locations of different productive potential, where obtaining values for the plot itself is advantageous for the nutrient replacement fertilization.

Keywords: Precision agriculture, homogeneous zones, *Zea mays L.*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	2
2.1 Coleta de dados e definição de zonas homogêneas.	2
2.2 Instalação e condução da cultura do milho.....	3
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	4
4. CONCLUSÕES.....	9
REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO	10

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L.*), pertencente à família Poaceae, teve sua origem mais provável a partir do Teosinte e *Tripsacum*, sendo o principal alimento dos povos Astecas, Maias e Incas (PATERNIANI; CAPOS, 2005). O cereal apresenta importante função socioeconômica devido a seu alto potencial produtivo e valor nutricional. Seu metabolismo fotossintético C4 garante alta eficiência na conversão da radiação solar em biomassa para a produção de fotoassimilados (BALDO, 2007; TAIZ et al., 2016). A cultura destaca também para alimentação animal, como matéria prima agroindustrial e na produção de etanol (SOLOGUREN, 2015).

No Brasil, o milho é o segundo cereal mais produzido, após a soja. Em 2020, o país foi o terceiro maior produtor mundial (8,2% do total produzido), atrás dos Estados Unidos e China (EMBRAPA, 2021). Atualmente, a produtividade é estimada em 6.416 kg ha⁻¹, com produção aproximada de 116 milhões de toneladas (CONAB, 2021).

O aumento regular de produtividade do milho nas últimas cinco décadas no Brasil tem sido atribuído à avanços no melhoramento genético da cultura, à adoção crescente do sistema plantio direto e pela automatização do sistema produtivo, envolvendo adensamentos populacionais e manejo adequado da fertilidade do solo (RUSSEL, 1991; FONTES, 2011). A cultura apresenta elevada exigência nutricional, portanto demanda manejo adequado de fertilizantes (SETIYONO et al., 2010). Entretanto, a disponibilidade de valores de referência para os teores de nutrientes parece não ter acompanhado a evolução dos materiais quanto a produtividade, visto o uso de valores descritos há mais de 18 anos (RAIJ et al., 1996; CANTARELLA; DUARTE, 2004). Tais recomendações foram propostas a partir do uso de materiais menos produtivos, quando comparado aos atuais patamares, e produzidos com uso de técnicas de manejo menos avançadas (BENDER et al., 2013).

O uso eficiente de fertilizantes é possível a partir do conhecimento das taxas de absorção nas diferentes fases fenológicas da cultura, permitindo calcular com maior exatidão a quantidade de nutrientes extraídos e exportados (DUARTE et al., 2003), assim como a definição de estratégias de adubação. A exportação para o grão, por sua vez, demanda prioritariamente P (90%), seguido pelo N, S e Mg (75, 60 e 58%, respectivamente), e em menor proporção K (20%) e Ca (3 a 7%) (VON PINHO et al., 2009, BENDER et al., 2013).

O uso da Agricultura de Precisão (AP) tem a contribuir neste ponto ao possibilitar o aprimoramento no manejo da cultura e o uso de fertilizantes. A ferramenta permite o gerenciamento das lavouras para uma máxima eficiência econômica e redução de impacto ambiental (MAPA, 2013). A partir do uso da agricultura de precisão é possível diferenciar a

lavouira em zonas de manejo ou unidades de gestão referenciada, que são subáreas com a mesma tendência de resposta à produtividade (MILANI, 2006) ou até mesmo de qualidade (SANTOS, 2021).

Diante desse contexto, o objetivo a partir do presente trabalho foi analisar variações nos teores dos nutrientes em grãos de milho e suas exportações, em função de diferentes densidades populacionais e zonas de potenciais produtivos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta de dados e definição de zonas homogêneas

O trabalho foi desenvolvido na fazenda Eldorado, no distrito de Tapuirama, em Uberlândia-MG. O local apresenta clima tipo AW, segundo classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1.267 mm, solo tipo Latossolo Vermelho distrófico, de textura muito argilosa e altitude média de 920 m. A condução do talhão foi feita em sistema plantio direto sob sequeiro.

O talhão experimental possui 44 ha. Nele foi desenhada uma malha amostral de um ponto a cada 5 hectares, sendo os pontos definidos pelo programa de informações geográfico Qgis (Qgis Development Team, 2015). Em cada ponto da malha foram coletadas, com trado, amostras compostas de solo em raio de 5 m, na profundidade de 0-0,2 m, como etapa anterior ao plantio do milho. Dados de condutividade elétrica aparente do solo (CEa) e de altitude foram obtidos para todo o talhão com uso do sensor Veris 3100®, associado a um GNSS (Figura 1).



Figura 1. Leituras de condutividade elétrica aparente de solo aparente com uso do sensor Veris® em área experimental localizada na Fazenda Eldorado em Uberlândia, Minas Gerais.

Fonte: SANTOS (2021).

A partir dos dados de altitude, CEa, argila, CTC e MOS foram definidas zonas homogêneas (ZH) de alto e baixo potencial produtivo, como descrito por SANTOS (2021) na Figura 2. As zonas foram definidas pela interpolação e análise de agrupamento por lógica Fuzzy, com o auxílio do plugin Smart Map Plugin – SMP, em ambiente Qgis. Os atributos para definição das zonas homogêneas foram selecionados por apresentar reduzida variação ao longo do tempo.

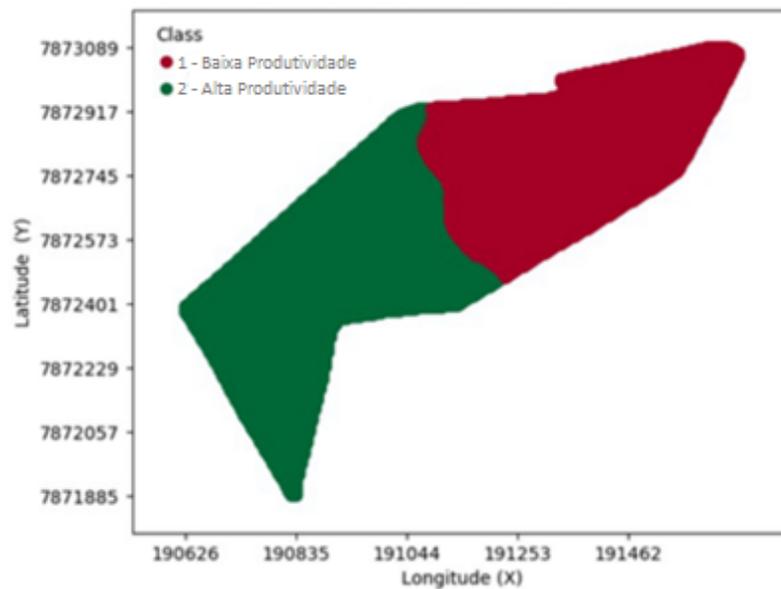


Figura 2. Zonas homogêneas de baixo (vermelho) e alto (verde) potencial produtivo de milho, estabelecidas em área experimental localizada na fazenda ElDorado em Uberlândia, Minas Gerais. Fonte: SANTOS (2021).

2.2 Instalação e condução da cultura do milho

Após definição das zonas homogêneas (ZH) foram instaladas, para cada uma delas, parcelas com as populações de 60, 70 ou 80 mil plantas por hectare (Figura 3). A semeadura foi realizada no dia 13 de novembro de 2017, em taxa variada de densidade populacional, no espaçamento de 0,5 m entrelinhas. Foi utilizada uma semeadora pneumática e trator guiado por sistema global de navegação por satélite (GNSS), com piloto automático e sinal corrigido (RTX). A semeadura considerou a definição de parcelas de 80 x 80 m (0,64 ha). O material de milho semeado foi o híbrido AG 8070 PRO, de ciclo precoce, elevado potencial produtivo e tecnologia VTPRO3, para proteção contra o ataque da larva-alfinete (*Diabrotica speciosa*) (AGROBAYER, 2022).

Em 03 de maio de 2018 foi realizada a colheita das parcelas. Para isto foram instaladas no centro de cada uma das parcelas acima descritas, parcelas menores de 4 linhas de largura e 5 m de comprimento (10 m^2). Em cada uma delas foram retiradas, aleatoriamente, 10 espigas de milho e posteriormente debulhadas para obtenção da umidade e peso da massa final dos grãos. O material colhido foi encaminhado ao laboratório para análise química e obtenção dos teores exportados para o grão de N, P, K, Ca, Mg e S.



Figura 3. Borda com perímetro da área experimental (vermelho) e alocação das parcelas experimentais em cada zona homogênea (branco). Imagem: Google Earth.

Na análise estatística foi considerado o esquema fatorial de 2×3 , sendo duas ZH (baixo e alto potenciais produtivos) e três populações de plantas (60, 70 e 80 mil plantas/ha), com 3 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo a comparação de médias realizada pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, com uso do programa R (R CORE TEAM, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A umidade, temperatura e radiação solar são os fatores ambientais que mais influenciam à produtividade de milho (FANCELLI, 1994) e à quantidade de água consumida por uma lavoura do grão, que durante todo o seu ciclo pode representar em torno de 600 mm (MAGALHAES et al., 2006). Durante o período experimental a incidência desses fatores foram considerados favoráveis para a cultura (Figura 4). Para a temperatura foram observadas médias das mínimas e máximas de 14,1 e 31,6 °C, respectivamente, dentro da faixa de tolerância ideal

para a cultura, que varia de 10 a 40 °C (SANGOI et al., 2010). O volume de precipitação pluvial totalizou 1.179,7 mm, com boa distribuição e disponibilidade hídrica para as fases de germinação e florescimento, considerados os períodos mais críticos para a cultura do milho.

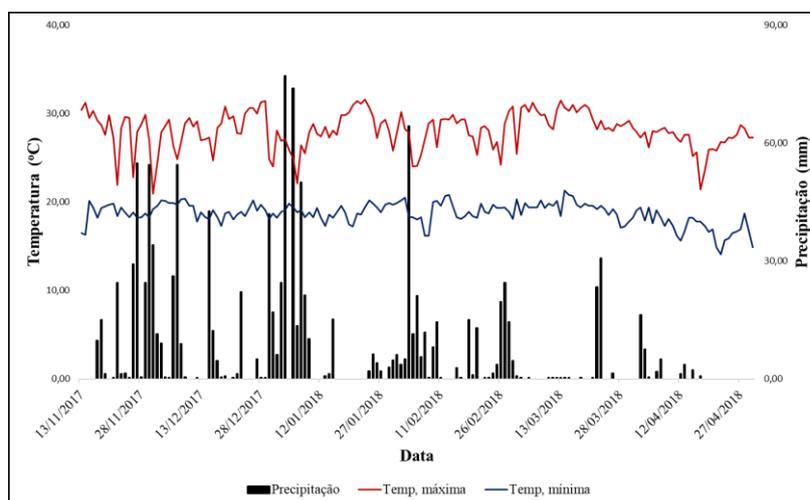


Figura 4. Temperaturas mínima e máxima e precipitação durante o período de condução do experimento na área experimental.

A análise de variância dos teores de nutrientes exportados para os grãos de milho em função das variáveis ZH, população e interação ZH x população, revelou efeito significativo para a fonte de variação ZH para os teores de N (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância para os teores de nutrientes nos grãos de milho.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Zona homogênea	1	1222,37*	6,15 ^{ns}	88,73 ^{ns}	72,15 ^{ns}	1,01 ^{ns}	1,43 ^{ns}
População	2	489,87 ^{ns}	12,87 ^{ns}	33,26 ^{ns}	40,61 ^{ns}	3,09 ^{ns}	0,38 ^{ns}
Zona x População	2	134,60 ^{ns}	25,03 ^{ns}	23,53 ^{ns}	54,21 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Resíduo	12	238,22	14,08	24,27	76,75	3,98	1,25
Total	17	5071,6	229,70	509,11	1035,03	63,54	18,96
CV (%)		7,61	11,39	9,37	18,3	14,76	12,55

^{ns}: Não significativo; *: Significativo, $p < 0,05$ pelo teste F; FV: Fonte de variação; GL: Graus de liberdade; CV: Coeficiente de variação.

A diferença dos teores de N para as ZH pode ser melhor entendida ao considerar os valores de produtividade média para ambas zonas, de 14,2 e 13,4 t ha⁻¹, para a zona de alto e baixo potencial produtivo, respectivamente. Assim sendo, foi observada uma amplitude nos valores de N exportado pelos grãos de 16,5 kg ha⁻¹ (Tabela 2).

A diferença nos teores de N nas ZH pode ser um dos fatores de queda na produtividade. O nitrogênio é um dos nutrientes que mais influência nos componentes de produção e produtividade na cultura do milho, interferindo em características da planta como crescimento e desenvolvimento (COBUCCI, 1991). A deficiência de N acarreta na diminuição da longevidade das folhas verdes (metabolicamente eficientes), o que influencia na produção de massa seca e, conseqüentemente, na produtividade (MALAVOLTA et al., 1976); reduz a densidade de grão em até 25% e a produtividade de grão entre 14 a 80%. O nutriente afeta a determinação do número de células endospermáticas e de grânulos de amido, o que incide sobre a fonte de fotoassimilados em função da restrição do índice e longevidade de área foliar (NEHMI et al., 2004).

Tabela 2. Valores médios de exportação de nutrientes em grãos de milho para zonas de diferentes potenciais produtivos.

Zonas Homogêneas	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----kg ha ⁻¹ -----					
Baixo Potencial	194,58 b	32,36	50,39	45,87	13,29	9,19
Alto Potencial	211,06 a	33,53	54,83	49,87	13,76	8,62
Média	202,82	32,94	52,61	47,87	13,52	8,90

*Médias seguidas por letras distintas na coluna, diferem-se entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Apesar de não haver significância para a fonte de variação população percebe-se um incremento nos valores exportados de N, em relação ao aumento no estande (Tabela 3).

A quantidade de nutrientes por tonelada de produto produzido pode ser influenciada por condições climáticas, material genético e manejo da fertilidade do solo (BÜLL, 1993; RESENDE et al., 2012). A partir de algumas referências (Van RAIJ et al., 1997; TEDESCO et al., 2004; FANCELLI, 2007; BENDER et al., 2013; RESENDE et al., 2016) percebe-se certa tendência de diminuição nos valores de N exportados por t de grãos (Figura 4).

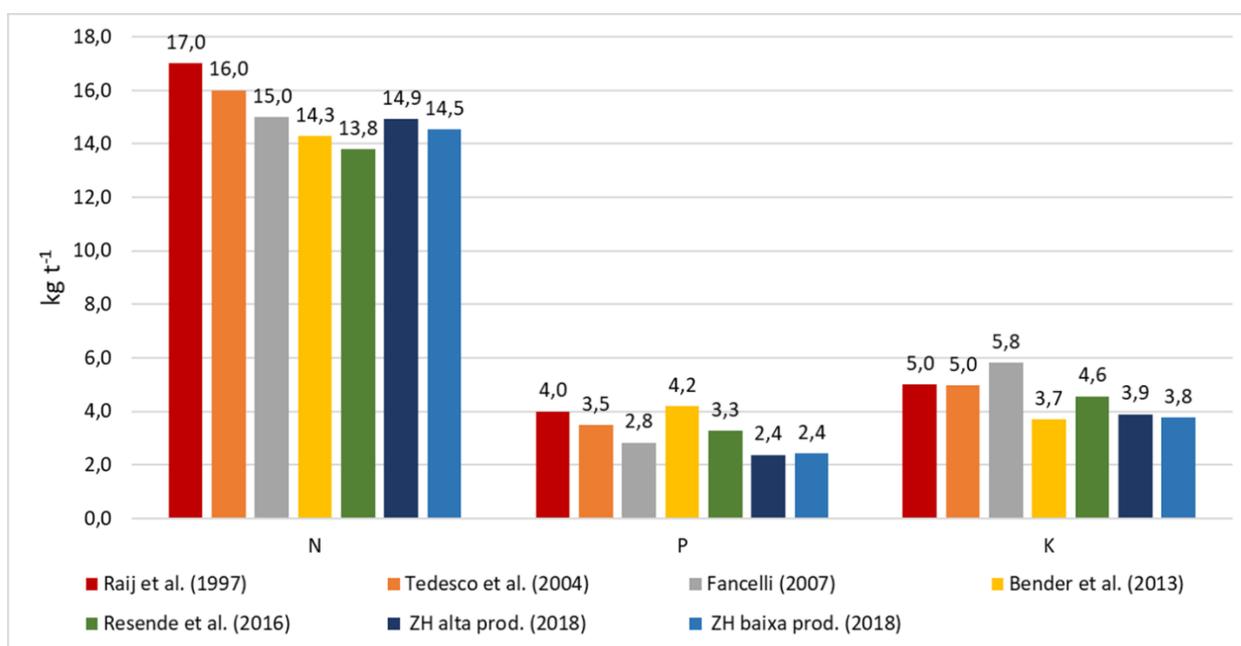
Tabela 3. Valores médios de exportação de nutrientes em grãos de milho para as diferentes populações avaliadas.

População	N	P	K	Ca	Mg	S
-----kg ha ⁻¹ -----						
60.000	196,30	34,62	52,58	50,39	14,01	8,99
70.000	199,01	31,92	54,97	48,02	12,69	9,10
80.000	213,13	32,29	50,27	45,19	13,86	8,62

*Médias seguidas por letras distintas na coluna, diferem-se entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Quando comparados estes valores aos valores de N exportados para ambas ZH, nota-se uma ligeira redução nos valores exportados em tonelada de produto produzido, em relação as referências mais antigas (Van RAIJ et al., 1997; TEDESCO et al., 2004; FANCELLI, 2007).

Figura 5. Comparativo de valores exportados de N, P e K em grãos de milho (g/kg).



Por sua vez, quando comparados os valores exportados para as ZH com os valores de literaturas mais recentes, o N exportado foi superior (BENDER et al., 2013; RESENDE et al., 2016). Os valores de P e K exportados foram, de maneira geral, inferiores aos propostos pelas fontes de referência. Cabe ressaltar que o trabalho descrito por Bender et al. (2013) foi

desenvolvido nos Estados Unidos, testando diferentes ambientes, tecnologias de cultivo, demanda fisiológica e 6 híbridos de diferente ciclo de maturidade. Já o descrito por Resende et al. (2016) foi desenvolvido no Brasil, no município de Sete Lagoas-MG, testando 4 híbridos transgênicos de ciclo precoce e 2 híbridos convencionais de ciclo semiprecoce, em semelhante condição de solo.

As mudanças nos teores de nutrientes extraídos e exportadas pelo grãos de milho ao longo do tempo sofreram mudanças devido ao avanço genético, inserção de transgenias, uso de tecnologias a campo e alterações no sistema de manejo, além do aumento em produtividade por hectare.

A fim de compreender o impacto nas exportações de N para ambas ZH foi realizado, a partir dos dados de produtividade, um comparativo tomando como base as literaturas mais recentes (BENDER et al., 2013; RESENDE et al., 2016). Observou-se uma amplitude média dos valores de N, superior em 6,71 kg ha⁻¹ e 13,61 kg ha⁻¹, em relação aos valores disponibilizados em Bender et al. (2013) e Resende et al. (2016), respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4. Comparativo de valores exportados de nitrogênio nos grãos de milho em zonas de diferentes potenciais produtivos, considerando as produtividades obtidas neste experimento para as duas zonas e teores de N obtidos por Bender et al. (2013) e Resende et al. (2016).

Área Referência	Produtividade (t ha⁻¹)	N (g kg⁻¹)	N (kg ha⁻¹)
Área de estudo (2018)			
ZH - Alto potencial	14,2	14,9	211,06
ZH - Baixo potencial	13,4	14,5	197,08
Média			204,05
Bender et al. (2013)			
ZH - Alto potencial	14,2	14,3	203,06
ZH - Baixo potencial	13,4	14,3	191,62
Média			197,34
Resende et al. (2016)			
ZH - Alto potencial	14,2	13,8	195,96
ZH - Baixo potencial	13,4	13,8	184,92
Média			190,44

A partir dos dados de literatura é possível inferir um aumento constante para a produtividade dos materiais de milho, com aparente diluição nos valores exportados pelo grão, o que pode ser refletido também, pelo uso de híbridos com período de maturidade fisiológica cada vez menores. Os dados obtidos no presente trabalho evidenciam a necessidade de se realizar um manejo diferenciado da lavoura, assim como, de realizar um esforço em atualizar os valores de teores de referência para exportação de nutrientes em milho. Isto trará consequências positivas para adubações de reposição, otimizando o atual sistema produtivo.

4. CONCLUSÃO

A partir dos dados é possível concluir que há diferença nos teores exportados de N em grãos de milho quando considerada a definição de locais de diferentes potenciais produtivos.

A obtenção de teores de N exportados para o próprio talhão pode ser vantajosa para adubações visando a reposição do nutriente.

REFERÊNCIAS

AGROBAYER. AG 8070 PRO3.

<https://www.agro.bayer.com.br/essenciais-do-campo/sementes/agroceres/ag_8070_pro3>

Acesso em: 30 mar. 2022.

ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; QUEIROZ, D. S.; SALGADO, L. T.; CECON, P. R. Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum*, cv. Napier). **Ciência e Agrotecnologia**, p.1643-1651, 2003.

BALDO, M. N. **Comportamento anatômico, fisiológico e agrônômico do milho (*Zea mays* L.) submetido a estresses de ambiente em diferentes estádios fenológicos**, 2007, 92p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BENDER, R. R.; HAEGELE, J. W.; RUFFO, M. L.; BELOW, F. E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. **Agronomy Journal**, v105, n.1, p.161-170, 2013. <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0352>

BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho, In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.), **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**, Piracicaba: Potafos, 1993, p. 63-145.

CANTARELLA, H; DUARTE, A. P.; Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho, In: GALVÃO, J. C. C; MIRANDA, G. V. (Ed.), **Tecnologias de produção de milho**, Viçosa: Editora UFV, 2004, p. 139-182.

COBUCCI, T. **Efeitos de doses e épocas de aplicação em cobertura do adubo nitrogenado no consórcio milho-feijão**. Viçosa: UFV, 1991. 94p. (Tese- Doutorado em Fitotecnia).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Estimativa indica aumento na produção de grãos na safra 2021/22, com previsão em 288,61 milhões de toneladas. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4316-estimativa-indica-aumento-na-producao-de-graos-na-safra-2021-22-com-previsao-em-288-61-milhoes-de-toneladas>>.

Acesso em: 03 dez. 2021.

EMBRAPA - Brasil é o quarto maior produtor de grãos e o maior exportador de carne bovina do mundo, diz estudo. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-e-o-maior-exportador-de-carne-bovina-do-mundo-diz-estudo>>. Acesso em: 07 de dez. de 2021.

FONTES, P. C. R.; **Nutrição mineral de plantas, avaliação e diagnose**, 2011, 296p. (Universidade Federal de Viçosa).

MALAVOLTA, E.; BASSO, L.C.; OLIVEIRA, G.D. et al. Estudos sobre a nutrição mineral do milho. Efeito de doses crescentes de N, P e K no crescimento, na produção e na composição mineral da variedade ‘Piranão’ em condições controladas. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**. Piracicaba, v.33, p.479-499, 1976. <https://doi.org/10.1590/S0071-12761976000100044>

MILANI, L.; SOUZA, E. G. DE; URIBE-OPAZO, M. A.; GABRIEL FILHO, A.; JOHANN, J. A.; PEREIRA, J. O. Unidades de manejo a partir de dados de produtividade. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.28, n.4, p.591-598, 2006. DOI: <<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v28i4.937>>. Acesso em: 05 jan. 2021.

MIRA, G. C.; VITTI, A. B. **Adubação do Milho Para Qualidade e Produtividade**. Boletim IPI, ed. 23, 2020, 66 p.

NHEMI, I.M.D.; FERRAZ, J.V.; NHEMI FILHO, V.A., SILVA, M.L.M. Milho: a diferença aparece no manejo. In: _____. **Agriannual 2004**: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: Argos, 2004. p.377 – 378. (Agriannual, 2004)

PATERNIANI, E. E.; CAMPOS, M.S. Melhoramento de milho, In: BORÉM, A. (Ed.), **Melhoramento de espécies cultivadas**, 2, Ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005, p. 491-552.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2019.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1997. p. 221-229. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RESENDE, A.V., SILVA C. G. M., GUTIÉRREZ A. M., SIMÃO E. P., GUIMARÃES L. J. M., MOREIRA S. G., BORGHI E. **Indicadores de demanda de macro e micronutrientes por híbridos modernos de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 9 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 220).

RESENDE, A. V.; COELHO, A. M.; SANTOS, F. C.; LACERDA, J. J. J. **Fertilidade do solo e manejo da adubação NPK para alta produtividade de milho no Brasil Central**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 12 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 181).

RUSSEL, W.A. Genetic improvement of maize yields. *Advances in Agronomy*, v, 46, p, 246-299, 1991. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60582-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60582-9)

SANGOI, L.; SILVA, P. D.; ARGENTA, G.; RAMBO, L. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos**, Lages: Graphel, 2010, 87p.

SANTOS, M. E. P. **Qualidade de sementes de soja em zonas de manejo com diferente potencial produtivo**, 2021, 43p. Dissertação (Graduação), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

SETIYONO, T. D.; WALTERS, D. T.; CASSMAN, K. G.; WITT, C.; DOBERMANN, A. Estimating maize nutrient uptake requirements. *Field Crops Research*, Canberra, v. 118, n. 2, p.158-168, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.05.006>

SOLOGUREN, L. Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção. **Visão agrícola**, ano 09, n. 13, p. 08-11, 2015.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**, Edição: 6a ed. [S.l.]: Artmed, 2016, p.1-954.

TEDESCO M. J, GIANELLO C, ANGHINONI I, BISSANI C. A, CAMARGO F. A. O, WIETHÖLTER S. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. - 10. ed. – Porto Alegre, 2004, 400p.

VON PINHO, R. G.; BORGES, I. D.; PEREIRA, J. L. D. A. R.; REIS, M. C. D. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.8, n.2, 2009. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v8n2p157-173>