



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

LARISSA RAQUEL FAGUNDES COSTA BEZERRA

**CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM
PLANTAS DE BETERRABA ADUBADAS COM BORO E ZINCO**

MOSSORÓ

2022

LARISSA RAQUEL FAGUNDES COSTA BEZERRA

**CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM
PLANTAS DE BETERRABA ADUBADAS COM BORO E ZINCO**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Leilson Costa Grangeiro, Prof. Dr.

MOSSORÓ

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

B574 BEZERRA, LARISSA RAQUEL FAGUNDES COSTA BEZERRA .
CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E ACÚMULO DE
NUTRIENTES EM PLANTAS DE BETERRABA ADUBADAS COM
BORO E ZINCO. / LARISSA RAQUEL FAGUNDES COSTA
BEZERRA BEZERRA. - 2022.
36 f. : il.

Orientador: LEILSON COSTA GRANGEIRO GRANGEIRO.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2022.

1. Olericultura. 2. Beta vulgaris. 3. Nutrição
de plantas. 4. Micronutrientes.. I. GRANGEIRO,
LEILSON COSTA GRANGEIRO, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva

CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

LARISSA RAQUEL FAGUNDES COSTA BEZERRA

**CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM
PLANTAS DE BETERRABA ADUBADAS COM BORO E ZINCO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Defendida em: 17 / 06 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

Leilson Costa Grangeiro

Leilson Costa Grangeiro, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Romualdo Medeiros Cortez Costa

Romualdo Medeiros Cortez Costa, M.e (UFERSA)
Membro Examinador

Renata Ramayane Torquato Oliveira

Renata Ramayane Torquato Oliveira, M.e (UFERSA)
Membro Examinador

Éric George Morais

Éric George Morais, M.e (UFERSA)
Membro Examinador

À minha tia Meirinha (In Memoriam) que sempre me incentivou e que foi um exemplo de como ser feliz nessa vida, com muito amor e saudade.

Aos meus pais, minhas irmãs e minha cachorrinha que amo mais que tudo!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter permitido que eu chegasse até aqui, por todos os obstáculos e dificuldade vencidas até conseguir.

A minha família pelo apoio nos momentos difíceis. Aos meus pais por ter feito tudo que fez para eu conseguir ser quem sou hoje, obrigada por todos os ensinamentos e por todo esforço e confiança em mim. Obrigada as minhas irmãs Laura e Leticia por estar sempre ao meu lado. Amo Vocês!

Ao meu noivo que esteve comigo em quase todos os momentos da faculdade, por compartilhar os momentos bons e difíceis da vida nesses vários anos, por me apoiar e me ajudar sempre que precisei. Te amo!

Agradeço aos meus amigos que compartilharam juntos comigo todos os desafios que é a faculdade. Em especial agradeço ao meu amigo Drauzio Araújo que esteve comigo em todos os momentos nessa longa trajetória. Amigo, você sem dúvidas, você foi muito importante nessa etapa da minha vida, obrigada por tudo!

Agradeço ao orientador Leilson Costa Grangeiro por ter me permitido trabalhar por alguns semestres no Laboratório de Nutrição de Plantas e por todo conhecimento compartilhado durante a graduação.

Agradeço aos integrantes do Laboratório de Nutrição de Plantas da UFERSA por todo conhecimento compartilhado, pelo auxílio nos trabalhos e pelo companheirismo durante a graduação. Em especial a Romualdo a quem eu recorri diretamente nas vezes que precisei e que sempre esteve disponível para me auxiliar!

Agradeço a todos os meus familiares pois com eles que compartilho os momentos mais felizes da minha vida, especialmente aos meus tio Fabio Fagundes e Elói Fagundes por todo o apoio dado durante esse período e em toda a minha vida.

É uma disciplina que promove, com visão integrada, o gerenciamento e o compartilhamento de todo o ativo de informação possuído pela empresa. Esta informação pode estar em um banco de dados, documentos, procedimentos, bem como em pessoas, através de suas experiências e habilidades.

Gartner Group

RESUMO

A adubação com micronutrientes em quantidades corretas é essencial para se obter um maior rendimento das culturas, especialmente das que apresentam uma grande exigência nutricional, como a cultura da beterraba. Desta forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o crescimento e acúmulo de nutrientes da beterraba, em função da adubação com boro e zinco, via fertirrigação. Os experimentos foram realizados na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, em delineamento experimental blocos casualizados em parcelas subdivididas, com 4 repetições. Cada nutriente foi analisado isoladamente. As parcelas foram constituídas pelas doses de boro (0; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 kg ha⁻¹) e zinco (0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 kg ha⁻¹) e as subparcelas pelas épocas de coleta de plantas (30, 45, 60 e 75 dias após a semeadura (DAS)). Foram analisados os acúmulos de matéria seca (MS), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), boro (B) e zinco (Zn), nas folhas (F), raízes tuberosas (R) e total (T) e a produtividade das raízes. No experimento de B houve efeito de dose com os melhores resultados demonstrados na aplicação de 4,5 Kg/ha de B, e de época, aos 75 DAS, nos acúmulos de N, P, K, B e na produtividade. A produtividade comercial foi de 16,99 t/ha. No experimento de zinco observou-se que os maiores incrementos ocorreram com a aplicação das doses intermediárias. Na MSF o melhor acúmulo foi com a aplicação da dose 3,4 kg/ha, na MSR com 3,9 kg/ha e na MST de 3,7 Kg/ha. Para o nitrogênio o acúmulo na folha não foi significativo, contudo, na raiz com a dose de 4,5 kg/ha e total com a dose de 4 kg/ha foram obtidos melhores resultados. Não houve efeito de doses no acúmulo de fósforo e potássio. No acúmulo de zinco a dose de 4,1 kg/ha demonstrou melhor resultado na folha, de 3,8 kg/ha na raiz e com aplicação da dose de 4 kg/ha houve maior acúmulo total. A produtividade comercial foi de 11,58 t/ha obtida na dose de 6 kg/ha.

Palavras-chave: Olericultura, *Beta vulgaris*, nutrição de plantas, micronutrientes.

ABSTRACT

Fertilizing with micronutrients in correct amounts is essential to obtain higher yields from crops, especially those that have a high nutritional requirement, such as beetroot. Thus, the objective of this work was to evaluate the growth and accumulation of nutrients in beet, as a function of fertilization with boron and zinc, via fertigation. The experiments were carried out at Fazenda Experimental Rafael Fernandes, in a randomized block design in split plots, with 4 replications. Each nutrient was analyzed separately. The plots were constituted by the doses of boron (0; 1.0; 2.0; 3.0 and 4.0 kg ha⁻¹) and zinc (0; 1.5; 3.0; 4.5 and 6, 0 kg ha⁻¹) and the subplots by plant collection times (30, 45, 60 and 75 days after sowing (DAS)). The accumulation of dry matter (DM), nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), boron (B) and zinc (Zn) in leaves (F), tuberous roots (R) and total (T) and root productivity. In the B experiment, there was a dose effect with the best results demonstrated in the application of 4.5 kg/ha of B, and in the season, at 75 DAS, in the accumulation of N, P, K, B and in productivity. Commercial productivity was 16.99 t/ha. In the zinc experiment, it was observed that the greatest increases occurred with the application of intermediate doses. In MSF, the best accumulation was with the application of a dose of 3.4 kg/ha, in MSR with 3.9 kg/ha and in MST with 3.7 kg/ha. For nitrogen, the accumulation in the leaf was not significant, however, in the root with a dose of 4.5 kg/ha and total with a dose of 4 kg/ha, better results were obtained. There was no effect of doses on the accumulation of phosphorus and potassium. In the accumulation of zinc, the dose of 4.1 kg/ha showed better results in the leaf, 3.8 kg/ha in the root and with the application of the dose of 4 kg/ha there was greater total accumulation. Commercial productivity was 11.58 t/ha, obtained at a rate of 6 kg/ha.

Keywords: Olericulture, *Beta vulgaris*, plant nutrition, micronutrients.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Acúmulo de massa seca em razão da adubação com doses de B (A) e em função da época (B) em beterraba.....	22
Figura 2	–	Acúmulo de nitrogênio em razão da adubação com doses de B (A) e em função da época (B) em beterraba.....	23
Figura 3	–	Acúmulo de fósforo em razão da adubação com doses de B (A) e em função da época (B) em beterraba.....	24
Figura 4	–	Acúmulo de potássio em razão da adubação com doses de B (A) e em função da época (B) em beterraba.....	24
Figura 5	–	Acúmulo de boro em razão da adubação com doses de B (A) e em função da época (B) em beterraba.....	25
Figura 6	–	Produtividade em razão da adubação com doses de B.....	26
Figura 7	–	Acúmulo de massa seca em razão da adubação com doses de Zn (A) e em função da época (B) em beterraba.....	27
Figura 8	–	Acúmulo de nitrogênio em razão da adubação com doses de Zn (A) e em função da época (B) em beterraba.....	28
Figura 9	–	Acúmulo de fósforo em função da época em beterraba.....	29
Figura 10	–	Acúmulo de potássio em função da época em beterraba.....	30
Figura 11	–	Acúmulo de zinco em razão da adubação com doses de Zn (A) e em função da época (B) em beterraba.....	30
Figura 12	–	Produtividade em razão da adubação com doses de Zn.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Caracterização química do solo da área experimental na fazenda experimental Rafael Fernandes.....	19
Tabela 2	–	Continuação da caracterização química do solo da área experimental na fazenda experimental Rafael Fernandes.....	20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MS	Matéria seca
MSF	Matéria seca da folha
MSR	Matéria seca da raiz tuberosa
MST	Matéria seca total
PDC	Produtividade comercial
PDNC	Produtividade não comercial
PDT	Produtividade total
DAS	Dias após semeadura
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semiárido

LISTA DE SÍMBOLOS

B	Boro
Zn	Zinco
N	Nitrogênio
P	Fósforo
K	Potássio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Cultura da beterraba	16
2.2 O micronutriente boro para as plantas.....	16
2.3 O micronutriente Zinco para as plantas.....	17
3 MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	18
3.3 Características avaliadas.....	20
3.4 Análises Estatística	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1 Experimento Boro.....	22
4.2 Experimento Zinco	27
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
6 REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

A beterraba (*Beta vulgaris*), pertencente à família das Chenopodiaceae, é originária de regiões europeias e norte-africanas de clima temperado (FILGUEIRA, 2012). É uma cultura que se destaca no Brasil entre as hortaliças mais importantes, cujo os estados que alcançam maiores produtividade dessa hortaliça são: São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Bahia e Goiás, sendo o Brasil responsável por 24.938 toneladas em 2019 (CEAGESP, 2020).

Na região Nordeste, o cultivo desta hortaliça é reduzido, pois as temperaturas mais elevadas tendem a reduzir a pigmentação e consequentemente à qualidade do produto, por isso em alguns estados, a produção é insuficiente para abastecer a demanda interna, como exemplo o Ceará produz apenas 10% do comercializado e, no Rio Grande do Norte, grande maioria da beterraba comercializada é oriunda de outros estados, como Bahia e Pernambuco (MARQUES et al., 2010).

Do ponto de vista da nutrição e adubação, é considerada uma cultura esgotante do solo em razão da remoção de massa verde do campo por ocasião das colheitas, visto que, parte da produção, é comercializada em maços com folhas, o que valoriza o produto, e outra parte das raízes é embalada em caixas, sem a folhagem (SEDIYAMA et al., 2011).

Diante disso é sabido da necessidade de uma adubação equilibrada disponibilizando nutrientes em quantidades necessárias para a cultura, contudo existe uma grande carência de estudos que tragam essas informações. Os micronutrientes são tão importantes quanto os macronutrientes para as culturas, sendo estes primeiros limitantes de crescimento como acontece com o zinco (Zn) e o boro (B) que agem como constituintes das paredes celulares (B), das membranas celulares (B e Zn) e como ativadores de enzimas (Zn) (KIRKBY; RÖMHELD, 2007).

O boro é um micronutriente muito exigido pela cultura da beterraba isso devido sua capacidade de elevar o transporte de açúcares que são produzidos durante a fotossíntese nas folhas mais velhas, auxiliando assim no crescimento e no rendimento da cultura (ALLEN & PILBEAM, 2007). As plantas mais exigentes em B são aquelas que contem maior quantidade dele complexado em sua parede celular como é o caso da beterraba (BERGAMIN et al., 2005)

Dada a necessidade de aprofundar o conhecimento a respeito da adubação com micronutrientes em beterraba, especialmente no semiárido, objetivou-se com esse trabalho avaliar o desempenho agrônômico de beterraba adubada com doses de boro e zinco.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura da beterraba

A espécie *Beta vulgaris* é uma planta bienal que pertence à família Chenopodiaceae, foi originada em regiões europeias e norte-africanas de clima temperado. A parte aérea e a raiz tuberosa são comercializadas. No entanto, a raiz tuberosa é o principal produto, caracterizada por apresentar sabor adocicado e formato globular (FILGUEIRA, 2000).

Podem apresentar colorações que variam entre vermelho e amarelo sendo as mais populares e consequentemente relevantes para a alimentação humana aquelas de coloração avermelhada (SINGH; HATHAN, 2014). Essa coloração é dada devido a presença de betalaína em sua composição, um grupo de pigmentos (especificamente betacianinas no caso da coloração avermelhada e betaxantinas nas amarelas) (CAI et al., 2005) que tem característica antioxidante de fundamental importância na dieta humana (KANNER et al., 2001). Essas particularidades fizeram com que na última década a beterraba tenha chamado atenção por ser um alimento funcional e promotor de saúde (CLIFFORD et al., 2016).

É uma hortaliça com parte aérea e raiz tuberosa comestível, se destaca quanto a suas características nutricionais, rica em açúcares e nutrientes como potássio, sódio, ferro, cobre, zinco e vitaminas do complexo B (AQUINO, et al., 2006), além de estar entre as hortaliças mais ricas em ferro e em boro, presentes tanto na raiz tuberosa como nas folhas (TIVELLI, 2011). Possui um bom teor de proteínas em sua composição, ajudando a combater anemia e auxiliar na promoção da saúde (DOS SANTOS, 2010).

De acordo com Santos et al. (2020) a área plantada da cultura da beterraba no Brasil foi de aproximadamente 18 mil hectares, onde a produtividade da cultura varia entre 15 e 20 t ha⁻¹ para variedades e entre 28 e 33 t ha⁻¹ para híbridos. O volume de beterraba comercializada no país não oscilou muito nos últimos anos, no ano de 2019 o total foi de 24.938 toneladas.

2.2 O micronutriente boro para as plantas

O boro está entre os micronutrientes que mais contribui para o desenvolvimento fisiológico e qualidade da beterraba (ALI et al., 2015), sua função na planta relaciona-se com a estrutura da parede celular e com as substâncias pécticas que estão associadas a ela, principalmente na lamela média (EPSTEIN; BLOOM, 2004). Também apresenta efeito direto na formação de vasos xilemáticos e por esse motivo o crescimento da planta é prejudicado caso haja déficit. Apesar disso sua concentração acima do normal permite que as raízes da

planta possam se desenvolver em altos teores de alumínio, em situações em que este seria inibidor (LENOBLE et al., 2000).

A deficiência do micronutriente boro é muito comum em hortaliças (BARRAL et al., 2017) o que é um problema devido as funções essenciais que ele desempenha na planta. É importante aplicar a dose adequada de boro pois o limite entre deficiência e toxidez desse micronutriente são muito próximos (BARRAL et al., 2017).

A deficiência de B é caracterizada por necrose preta em folhas jovens e em gemas terminais (TAIZ & ZEIGER, 2006), acarreta diminuição da área foliar, pode contribuir para o acúmulo de compostos nitrogenados em tecidos mais velhos e pequeno volume de raiz (DECHEN & NACHTIGALL, 2006) além de problemas com processos fisiológicos, como a redução da absorção de água pela cultura, redução do crescimento da raiz e do deslocamento de açúcares, entre outros (MALOVOLTA, 2006). Segundo Gondim et al. (2009) a ausência de B pode gerar efeito cascata, onde os sintomas demonstrados na planta não serão originados especificamente dessa deficiência, ou seja, um efeito secundário.

É necessário evitar adubações excessivas pois pode causar toxidez para as plantas, fazendo com que seja demonstrada através dos sintomas: amarelecimento na ponta de folhas velhas, evoluindo para manchas necróticas nas pontas e margens das folhas, podendo acarretar queda das folhas (FILGUEIRA, 2007) prejuízos na produção e até morte da planta (GONDIM et al., 2009).

2.3 O micronutriente Zinco para as plantas

O zinco é caracterizado por ser um metal pesado que ocorre naturalmente no solo, ou de forma antropogênicas sendo oriundo de atividades industriais, agrícolas e urbanas. (BAKER, 2000).

É considerado um micronutriente essencial para os vegetais, contudo, quando presente no solo em altas concentrações podem acarretar danos ao meio ambiente (BAKER, 2000) e toxicidade em plantas causando limitações no desenvolvimento destas (SAGARDOY et al., 2010).

A deficiência em Zn prejudica o desenvolvimento da planta acarretando o encurtamento dos internódios, causando a produção de folhas pequenas, cloróticas e lanceoladas, clorose internerval de coloração amarelo-ouro e nervuras de cor verde escura nas folhas mais novas (SFREDO, 2008).

O Zn é responsável por vários processos essenciais como fotossíntese, respiração, controle hormonal, desintoxicação de radicais livres, síntese de aminoácidos e de proteínas e redução do nitrato (MARSCHNER, 2012), funciona também como ativador enzimático estando envolvido no metabolismo do nitrogênio (FAQUIN, 2005).

Depois do boro é o micronutriente que mais comumente causa deficiência em culturas agrícolas nos solos das regiões tropicais (FAQUIN, 2005), também é muito comum em regiões áridas e semiáridas em todo mundo devido apresentar baixa solubilidade e elevada adsorção nessas condições (SADEGHZADEH, 2013) o que acaba acarretando a redução da produtividade e qualidade das culturas agrícolas (WESSELLS; BROWN, 2012). Nessas condições é necessário monitorar as necessidades nutricionais das culturas e realizar adubação quando for conveniente (VENDRAME et al., 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

Os experimentos foram realizados na Fazenda Experimental Rafael Fernandes da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no distrito de Alagoinha, zona rural do município de Mossoró/RN, no período de setembro a dezembro de 2019. O solo da região é classificado como Latossolo (EMBRAPA, 2006). O clima da região segundo classificação de Köppen é BSw_h, ou seja, seco, muito quente e com estação chuvosa compreendendo aos meses de fevereiro a maio, na época de realização do experimento as informações climatológicas foram registradas pela estação meteorológica encontrada na localização, a precipitação no período do experimento foi de 0mm, temperatura média de 28°C e umidade relativa de 67% em média.

Antes da implantação dos experimentos foi feita a caracterização química e análise granulométrica do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, sendo encontrados os seguintes resultados:

Tabela 1: caracterização química do solo da área experimental na fazenda experimental Rafael Fernandes.

N	pH	CE	MO	P	K ⁺	Na ⁺	Cu	Fe	Mn	Zn
g/kg	H ₂ O	dS/m	g/kg				mg/dm ³			
0,42	6,3	0,05	4,14	3,2	51	8,1	0,15	6,61	2,36	1,01

CE: Condutividade elétrica; MO: Matéria orgânica;

Tabela 2: continuação da caracterização química do solo da área experimental na fazenda experimental Rafael Fernandes.

Ca 2+	Mg2+	Al3+	(H+Al)	SB	t	CTC	V	m	PST
..... cmolc/dm3						 %			
0,55	0,25	0	0,33	0,97	0,97	1,3	75	0	3

H+Al: Acidez potencial; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca catiônica; V: Saturação por base.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Foram conduzidos dois experimentos independentes, um para o B e outro para o Z, para ambos, adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados em parcela subdividida, com 4 repetições. No experimento com o micronutriente B foram alocadas nas parcelas as doses 0, 1,0, 2,0, 3,0 e 4,0 kg ha⁻¹ de B na forma de ácido bórico e nas subparcelas as épocas de coletas de plantas de 30, 45, 60 e 75 dias após semeadura (DAS). De forma semelhante, no experimento com Zn, as parcelas foram as doses 0, 1,5, 3,0, 4,5 e 6,0 kg ha⁻¹ de Zn na forma de sulfato de zinco, e nas subparcelas as épocas de coletas de plantas 30, 45, 60 e 75 (DAS). A unidade experimental foi constituída por um canteiro de 1,5 x 3,5m, com seis fileiras de plantas espaçadas de 0,25 x 0,10m. Considerou-se como área útil as quatro fileiras centrais, desprezando-se uma planta de cada extremidade, totalizando 3,3 m². De cada parcela foi destinado 1,5 m análise de crescimento e 2,0 m para análise de produtividade.

Para preparar o solo foi realizado aração, gradagem e posteriormente foi levantado os canteiros. Na adubação de fundação, realizada sete dias antes do plantio, foi utilizado 190 kg ha⁻¹ de fosforo na forma de superfosfato simples (P₂O₅) (Silva, 2017). As adubações de cobertura foram realizadas via fertirrigação através de aplicações parceladas de 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 180 kg ha⁻¹ de potássio, seguindo as recomendações de Trani et al. (2013), sendo utilizados como fonte, ureia, sulfato de amônio, cloreto de potássio, nitrato de potássio e de cálcio.

Utilizou-se a irrigação por microaspersão no intervalo entre a adubação de fundação até 20 DAS. Em seguida, o sistema foi substituído pela irrigação localizada por gotejamento. Foram utilizadas três fitas gotejadoras por canteiro, espaçadas em 0,50 m, com gotejadores autocompensantes com vazão média de 1,5 l/h, espaçados em 0,30 m. A água utilizada na irrigação foi proveniente de poço profundo.

O plantio foi feito por semeadura direta onde foram colocados em média quatro glomérulos de beterraba por cova a 3 cm de profundidade aproximadamente. Aos 20 DAS foi

realizado o desbaste deixando uma planta por cova. As doses de micronutrientes foram aplicadas, semanalmente, a partir de 21 DAS e encerradas aos 70 DAS via fertirrigação. O controle fitossanitário e os demais tratos culturais foram realizados de acordo com as necessidades observadas durante o ciclo da cultura.

3.3 Características avaliadas

Nas épocas de 30, 45, 60 e 75 DAS avaliou-se o acúmulo de massa seca e de nutrientes na parte aérea e raiz tuberosa, com exceção da primeira coleta que considerou apenas a parte aérea devido a desuniformidade na formação das raízes tuberosas. Para isso foram coletadas cinco plantas por parcela. No laboratório as plantas foram separadas em folha e raiz tuberosa e lavadas para retirar impurezas. As folhas foram acondicionadas em sacos de papel e as raízes tuberosas, após serem fracionadas, foram acondicionadas em recipientes tipo “marmitex”. Em seguida os materiais foram colocados em estufa de circulação de ar forçado com temperatura regulada à 65°C até atingir massa constante. Após a secagem o material foi pesado em balança analítica para determinação da matéria seca da parte aérea (MSPA), das raízes tuberosas (MSRT) e total (MST), somatório da MSPA e MSRT. Posteriormente, as amostras foram trituradas separadamente em moinho de aço inoxidável tipo Wiley com peneira de malha 1 mm.

Realizou-se digestão sulfúrica para determinação do teor de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e Zn, e digestão seca para B. As análises seguiram as metodologias proposta pela EMBRAPA (2009). A partir do teor dos nutrientes e da matéria seca de cada fração da planta, determinou-se o acúmulo dos mesmos. O acúmulo total foi determinado pela soma de cada micronutriente na folha e raiz tuberosa.

A produtividade comercial de raízes tuberosas (t/ha) foi obtida pela massa daquelas com diâmetro transversal superior a 50mm colhidas na área útil da parcela, que não apresentarem defeitos graves (danos profundos, podridões e murcha) e leves (danos superficiais, cortiça, deformações, excesso de folhas, excesso de bico e falta de limpeza) (CEAGESP, 2021). As raízes tuberosas foram classificadas de acordo com a Hortbrasil (2006) quanto ao calibre, as comerciais foram divididas entre as classes 50, 90 e 120 mm e as não comerciais como refugo (raízes com defeitos graves e de acordo com a ocorrência de pragas). As classes comerciais são: classe 50 (maior ou igual a 50mm e menor de que 90mm); classe 90 (maior ou igual a 90mm e menor que 120mm); classe 120 (maior que 120mm) e refugo (menor que 50 mm). A produtividade não comercial foi obtida pela massa daquelas colhidas na área útil, que foram classificadas como não comercial e foram descartadas. A

produtividade total foi dada pela soma da produtividade comercial com a produtividade não comercial.

3.4 Análises Estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância e havendo significância, foram submetidos a análise de regressão. As equações foram selecionadas a partir do R².

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento Boro

Observou-se efeito isolado das doses de boro e das épocas avaliadas no acúmulo de matéria seca da beterraba. A MS da folha, da raiz tuberosa e total da planta aumentou linearmente, estimando-se máximo de 3,01, 5,44 e 7,08 g/planta na dose de 4 kg/ha, para MSF, MSRT e MST, respectivamente (FIGURA 1A). Em relação as épocas, também ocorreu ajuste linear havendo maior acúmulo aos 75 dias após a semeadura (FIGURA 1B).

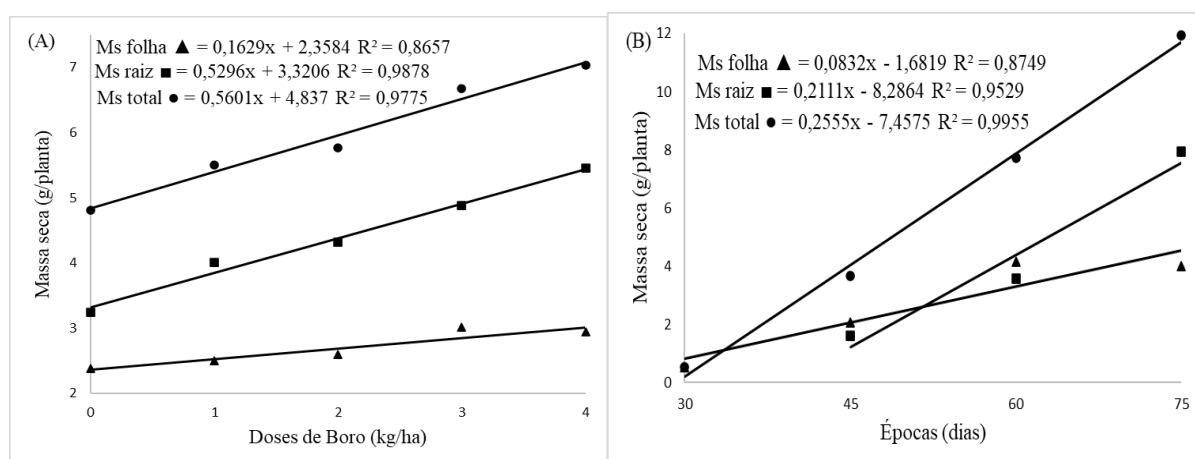


Figura 1: Acúmulo de massa seca em razão da adubação com doses de B (A) e em função da época (B) em beterraba.

Durante todo o ciclo o acúmulo de matéria seca na beterraba foi crescente. De acordo com os resultados expressos na Figura 1B, observa-se que aos 52 DAS, o acúmulo de matéria seca passa a ser maior nas raízes tuberosas em relação a parte aérea. Isso ocorre em razão da translocação de reservas da parte aérea para a raiz tuberosa.

Ao adubar a beterraba com 4 kg/ha de B obteve-se 5,44 g/planta na massa seca da raiz tuberosa. Em um experimento realizado afim de comparar os ganhos da beterraba com a adubação bórica foi observado que a massa seca da raiz tuberosa aumentou com a presença do B em 12 e 72% entre 26 e 70 dias após o transplântio (GONDIM, 2009), confirmando que o acúmulo de massa seca em estádios mais avançados é maior. Possivelmente, a ação do B no processo fotossintético, translocação de açúcares e assimilação de carboidratos da parte superior para as raízes tuberosas pode justificar o incremento da matéria seca em função da adubação com boro (ABDEL-MOTAGALLY, 2015).

O acúmulo de nitrogênio cresceu linearmente de acordo com o aumento das doses de B. Observou-se maior acúmulo na raiz tuberosa, havendo incremento de 7,91 kg/ha ao adubar com 4 kg/ha em relação ao tratamento controle. Estima-se que o acúmulo na parte aérea e

total na beterraba, ao adubar com a dose mais alta, é de 17,45 e 34,74 kg/ha, respectivamente (Figura 2A).

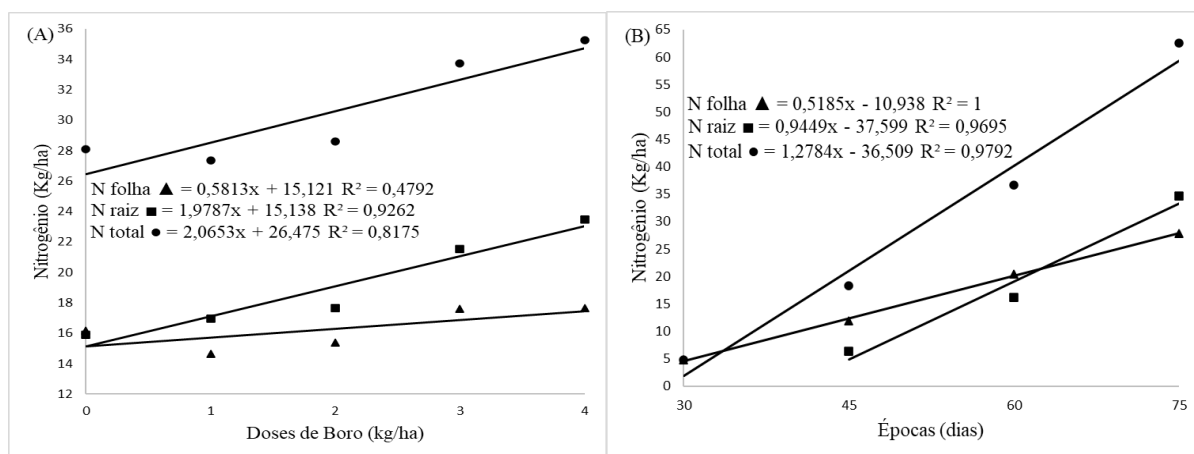


Figura 2:. Acúmulo de nitrogênio em razão da adubação com doses de B (A) e em função da época (B) em beterraba.

O acúmulo total de nitrogênio foi crescente até os 75 DAS, alcançando 59,37 kg/ha de N (Figura 2B). O acúmulo na folha foi maior até os 63 DAS onde este foi superado pelo acúmulo na raiz. Comportamento similar foi observado por Grangeiro et al. (2007), destacando que nessa fase há inversão nos drenos preferenciais da planta, fazendo com que passe a acumular mais na raiz tuberosa de que na parte aérea. Esse comportamento pode ter refletido no acúmulo de massa, onde observa-se que apresentou o mesmo comportamento, Trani et al. (2013) diz que o nitrogênio auxilia na produtividade da cultura da beterraba pois promove expansão foliar e acúmulo de massa de raiz e de folhas, sendo essencial para a fotossíntese.

O acúmulo de P na folha não diferiu estatisticamente em razão das doses de P. O fósforo acumulado nas raízes tuberosas e total apresentou ajuste linear crescente estimando-se 4,54 e 6,42 kg/ha, respectivamente, ao aplicar a dose de 4 kg/ha de B (Figura 3A). Em razão da época o acúmulo total de P na planta não diferiu estatisticamente, havendo ajuste linear crescente com máximo aos 75 DAS, nas folhas e raízes tuberosas, respectivamente, estimando-se acúmulo de 3,95 e 6,58 kg/ha (Figura 3B). Dentre os macronutrientes avaliados nesta pesquisa notou-se que o P apresentou menor acúmulo nos tecidos vegetais de beterraba (Figura 3), o que pode ter acontecido devido este ser um nutriente que apresenta pouca mobilidade estando em sua maioria adsorvido.

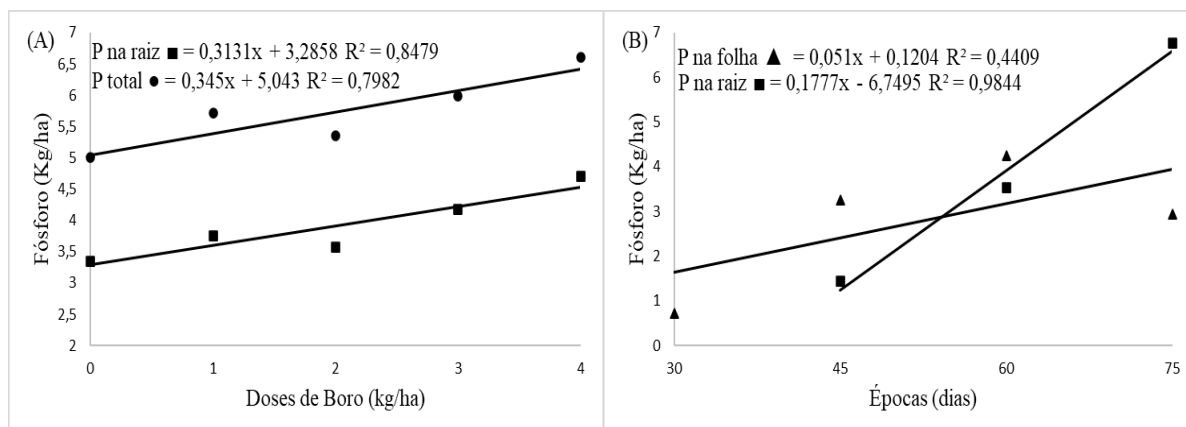


Figura 3: Acúmulo de fósforo em razão da adubação com doses de B (A) e em função da época (B) em beterraba.

A beterraba é uma cultura que apresenta baixa necessidade de fósforo (SILVA; SILVA; KLAR, 2017) tendo em vista que o mesmo obteve acúmulos semelhantes aos encontrados por Grangeiro et al. (2007) onde a cultura da beterraba obteve 10,22 kg/ha aos 60 DAS e por Haag; Minami (1987) que obteve acúmulo de 17,77 kg/ha de P em uma área de 330 mil planta/ha.

A adubação com doses de B não influenciou no acúmulo de K nas folhas de beterraba. No entanto, o acumulado de K nas raízes tuberosa e o acúmulo total na planta teve crescimento linear com o aumento das doses utilizadas, com máximas de 42,60 kg/ha para raiz tuberosa e 68,79 kg/ha no total (Figura 4A). Ao observar o acúmulo em razão das épocas avaliadas percebeu-se ajuste linear para todas as frações avaliadas, com maior acúmulo de potássio aos 75 DAS, acumulando 69,79 kg/ha total (Figura 4B).

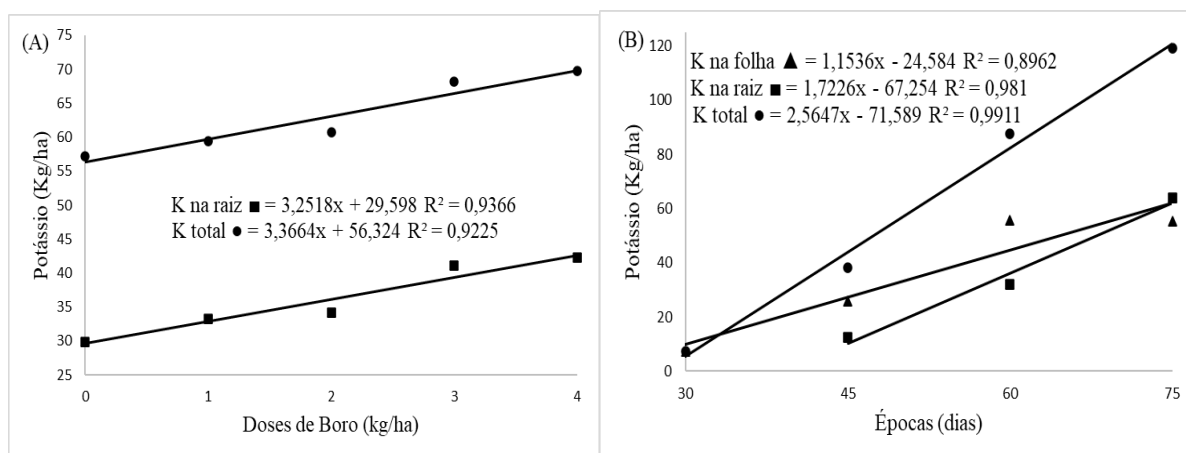


Figura 4: Acúmulo de potássio em razão da adubação com doses de B (A) e em função da época (B) em beterraba.

Diferente do observado para N (Figura 2B) e P (Figura 3B) onde, ao final do ciclo, ocorreu maior acúmulo nas raízes tuberosas, para o K verificou-se acúmulo similar nos tecidos da folha (61,94 kg/ha) e da raiz tuberosa (61,94 kg/ha) (Figura 4B). De acordo com Silva et al., (2017) o potássio é o nutriente extraído do solo em maior quantidade pela beterraba, contudo, de acordo com Passos (2019) sua absorção pela planta pode ser influenciada por fatores como a disponibilidade e o teor deste no solo. Alguns estudos confirmam o maior acúmulo de K na beterraba em comparação aos outros nutrientes avaliando (SILVA; SILVA; KLAR, 2017; WAKEEL et al., 2010; SEDYAMA et al., 2011) estes associaram a alta absorção de K na planta a alta disponibilidade deste nutriente no solo, no caso da Fazenda Experimental Rafael Fernandes a água é rica em K, o que pode justificar o acúmulo demonstrado neste experimento.

Os fatores doses e épocas influenciaram no acúmulo de boro pela beterraba. O acúmulo máximo estimado de B foi de 54,94 e 32,58 g/ha nas folhas e na raiz tuberosa, respectivamente, quando foi aplicado no solo 4 kg/ha de B. Em todas as doses constata-se o que o boro se acumula mais nas folhas sugerindo que a baixa mobilidade deste nutriente na planta restringe sua translocação (Figura 5A).

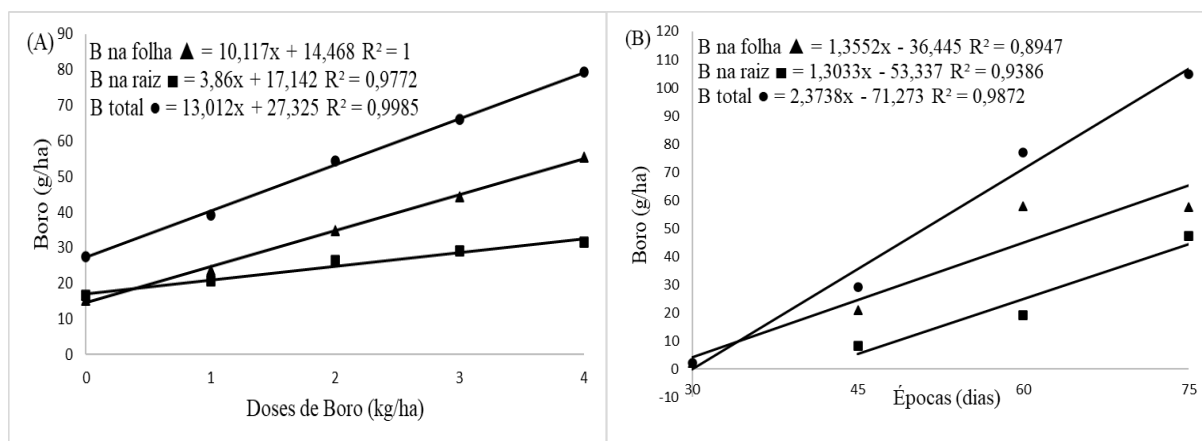


Figura 5: Acúmulo de boro em razão da adubação com doses de B (A) e em função da época (B) em beterraba.

O B apresentou maior acúmulo total aos 75 DAS e manteve o acúmulo na folha sempre maior de que na raiz, as épocas (Figura 5B). O B é móvel no xilema, onde acontece o transporte das raízes para a parte aérea, contudo, é imóvel no floema (GONDIN, 2009) justificando o maior acúmulo de B na folha.

A produtividade da beterraba foi influenciada significativamente pela adubação com boro. A produtividade total e comercial cresceu linearmente em razão do aumento das doses

de B, acarretando incremento na produtividade máxima de 9,84 e 8,64 t/ha ou 57,9% e 50,85% na produtividade comercial (PDC) e produtividade total (PDT), respectivamente, comparando com o tratamento controle. Também constatou-se que ao aumentar o boro disponível via adubação houve redução na produtividade de raízes tuberosas não comerciais, decrescendo de 1,77 t/ha na testemunha para 0,58 t/ha na dose 4 kg/ha (Figura 6).

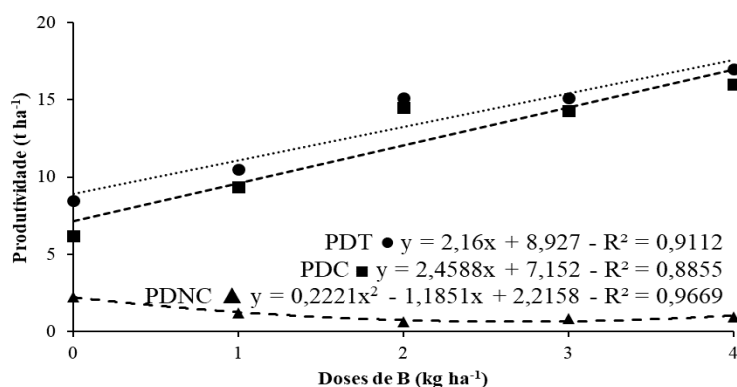


Figura 6: Produtividade total (PDT), comercial (PDC) e não comercial (PDNC) de raízes tuberosas de beterraba em razão da adubação com doses de B.

A produtividade obtida no experimento está abaixo da média nacional que segundo Matos et al. (2012) é de 20 a 30 t/ha. Sedyama et al. (2011) obteve uma produtividade entre 30 e 40 t/ha em um experimento utilizando diferentes tipos de cobertura do solo, mostrando-se superior ao resultado encontrado com adubação bórica. Um resultado próximo ao obtido foi observado no experimento realizado por Batista et al. (2016), o qual alcançou uma produtividade de 16,33 t/ha ao utilizado a for-de-seda como cobertura de solo, e 15,39 t/ha utilizando a jitirana, a esses resultados atribuiu-se o fato de que estas plantas apresentam valores altos de nutrientes associados. Outro resultado que se assemelha é o de Tozani et al. (2006) que avaliou o controle de plantas daninhas e obteve 15,1 t/ha ao realizar capina manual, atribuiu então a baixa produtividade as condições do solo e local de plantio.

Desta forma observa-se que a produtividade obtida pela cultura da beterraba tem relação direta com as características do solo, deixando nítido mais uma vez a necessidade de realizar uma adubação equilibrada na cultura da beterraba. Além disso a importância de manter o controle de plantas daninhas na área o qual foi um problema enfrentado durante a realização do experimento, onde devido a área ser muito extensa quando era realizada o controle de plantas daninhas, através da capina manual, não era possível manter a área limpa

efetivamente, sendo sempre necessário estar reiniciando o processo, este fator também pode ter influenciado na baixa produtividade obtida.

4.2 Experimento Zinco

No acúmulo de massa seca foi observado efeito isolado das doses de zinco e das épocas. O acúmulo em razão das doses teve comportamento polinomial estimando-se máximo de 2,591 g/planta com a dose calculada de 3,4 kg/ha na MSF, de 4,837 g/planta na MSR com a dose calculada 3,9 kg/ha de Zn e de 6,214 g/planta na MST com na dose de 3,7 kg/ha (Figura 7A). Em relação a época o comportamento foi linear onde houve maior acúmulo aos 75 DAS em todas as variáveis (Figura 7B).

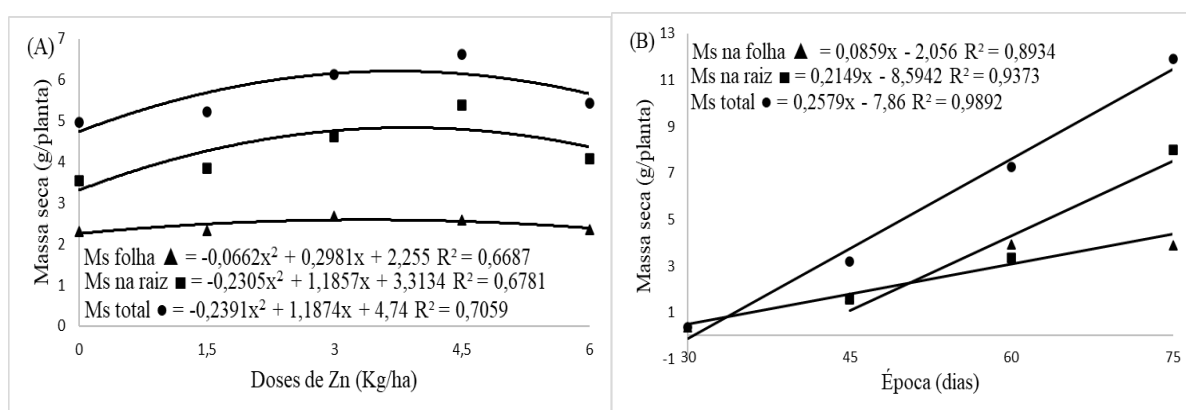


Figura 7: Acúmulo de massa seca em razão da adubação com doses de Zn (A) e em função da época (B) em beterraba.

O ajuste quadrático das equações para o acúmulo de massa seca com tendência de decréscimo nas doses mais elevadas sugere que altos teores de Zn disponível podem reduzir o crescimento da planta. A redução da MS mais acentuada na raiz tuberosa, possivelmente, pode ser um indicativo de maior sensibilidade dessa parte vegetativa a exposição ao excesso de zinco.

A toxicidade por zinco, causada quando utilizado altas doses deste, acarreta em inúmeros prejuízos para a planta, como: redução da taxa fotossintetizada e respiratória, inibição do crescimento vegetal, redução de massa, necrose da radícula quando esta entra em contato com o solo, morte da plântula, redução de produção de massa seca na folha e de biomassa radicular (SAGARDOY et al., 2010).

O acúmulo de nitrogênio em razão das doses teve comportamento polinomial, o máximo estimado foi de 20,90 kg/ha na raiz com a dose de 4,5 kg/ha de zinco e de 31,19kg/ha

na planta com a dose de 4 kg/ha. Na folha, a adubação com Zn não diferiu estatisticamente o acúmulo de N entre os tratamentos (Figura 8A). Entre as épocas os tecidos vegetais de beterraba tiveram acúmulo crescente com o decorrer do ciclo da cultura, estimando que, aos 75 DAS o acúmulo de N nas folhas, raiz tuberosa e na planta inteira é, em sequência, de 26,78, 34,35 e 58,40 Kg/ha (Figura 8B).

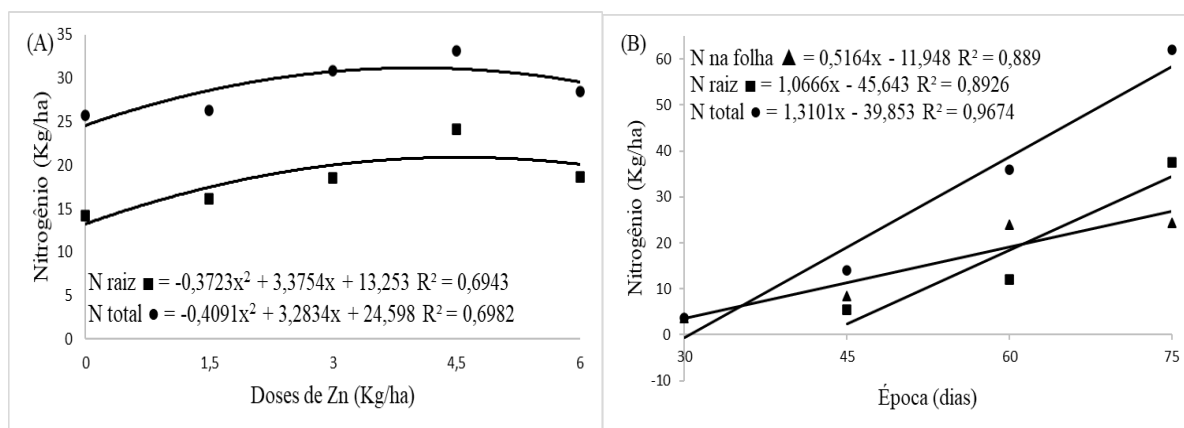


Figura 8: Acúmulo de nitrogênio em razão da adubação com doses de Zn (A) e em função da época (B) em beterraba.

O acúmulo de nitrogênio encontrado por Grangeiro et al. (2007) em um experimento com a cultura da beterraba foi superior ao acúmulo de nitrogênio obtido, acumulando 186,10 kg/ha na última coleta de plantas do experimento, mostrando que a adubação com zinco pode ter influenciado no acúmulo de nitrogênio. O nitrogênio é um dos nutrientes mais exigidos pela beterraba, este irá contribuir com a produtividade da cultura, promover expansão foliar e acúmulo de massa nas folhas e raízes (TIVELLI et al., 2011). Visto isso, é possível que o decréscimo do acúmulo de massa seca tenha relação com essa queda no acúmulo de nitrogênio.

A adubação com Zn não diferiu estatisticamente no acúmulo de P na beterraba. Contudo, em função das épocas, ocorreu ajuste linear para acúmulo na raiz tuberosa e total, e polinomial na folha. Estima-se acúmulo máximo de 8,15 e 12,49 Kg/ha na raiz tuberosa e total, respectivamente, aos 75 DAS e 4,88 na folha aos 59 DAS (Figura 9).

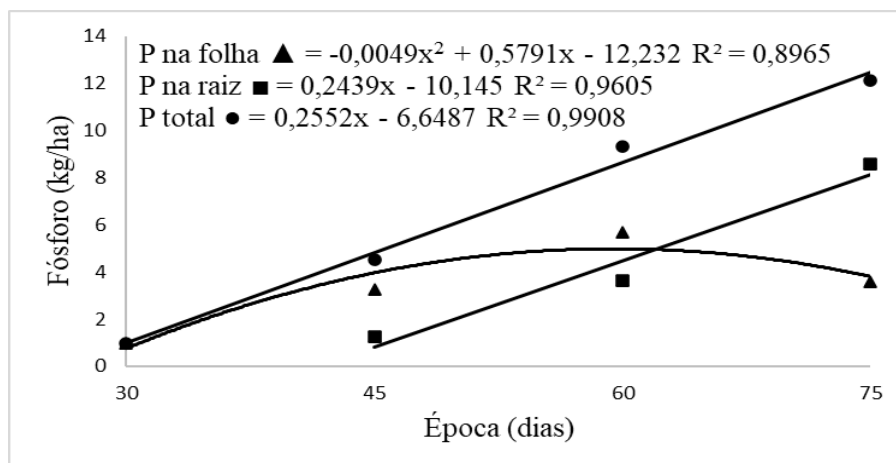


Figura 9: Acúmulo de fósforo em função da época em beterraba.

Observando a Figura 9 percebe-se redução do acúmulo de P na folha a partir do momento que a raiz tuberosa inicia o desenvolvimento, inicialmente o incremento de P diário diminui e a partir dos 59 DAS inicia-se o decrescimo do acúmulo de P na folha. Já o comportamento da raiz tuberosa foi crescente superando o acumulo na folha aos 62 DAS. Desta forma, através ajuste quadrático para o acúmulo de P na folha e crescimento linear na RT, infere-se que há a translocação de P das folhas para RT.

A extração de P pela beterraba é menor em relação aos outros nutrientes o que pode acontecer devido a baixa disponibilidade e mobilidade deste nos solos do semiárido nordestino (NOVAIS et al., 2007; FARIAS et al., 2009). As características da cultura podem influenciar na absorção de fosforo diminuindo o aproveitamento mesmo, segundo Andrade (2001) plantas que apresentam sistema radicular pouco desenvolvido e cresce de forma rápida possui uma menor eficiência. O fósforo é responsável pela síntese de proteínas na planta, constitui nucleoproteínas que são necessárias para a divisão celular e atuam no processo de absorção iônica, sendo esta sua importância para o crescimento da planta (MALAVOLTA, 2006), além disso o fósforo favorece o desenvolvimento do sistema radicular aumentando a absorção de água e de nutrientes e aumenta a qualidade e o rendimento de hortaliças (AVALHES et al., 2009).

Foi observado que o acúmulo de potássio em razão das doses de zinco não foi significativo, enquanto o acúmulo deste em função das épocas apresentou comportamento linear crescente. Estima-se que houve acúmulo de 55,99, 62,33 e 113,41 kg/ha nas folhas, raiz tuberosa e total, respectivamente, aos 75 DAS (Figura 10).

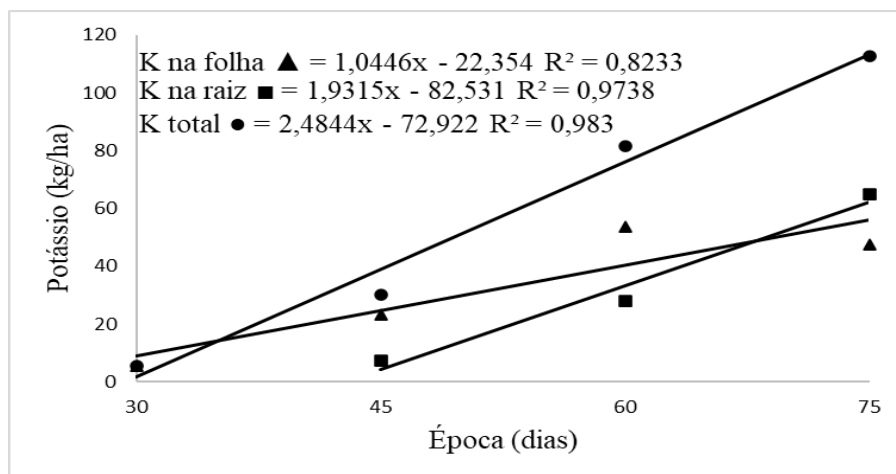


Figura 10: Acúmulo de potássio em função da época em beterraba.

Foi observado comportamento semelhantes por Grangeiro et al. (2007) no acúmulo de potássio pela planta da beterraba, onde a partir de certo momento a raiz passa a ser o dreno preferencial da planta. Esse comportamento também aconteceu na maioria dos nutrientes neste experimento, de modo que a partir de um determinado momento a raiz se torna o dreno preferencial acumulando em uma proporção maior de que a folha.

Para o micronutriente zinco foi observado comportamento polinomial em função das doses e linear em função das épocas. Os maiores acúmulos estimados de zinco aconteceram na dose 4,1 kg/ha alcançando 113,49 g/ha na folha, na dose de 3,8 kg/ha acumulando 167,775 g/ha na raiz tuberosa e na dose de 4 kg/ha obtendo um acúmulo de 239,182 g/ha na planta (Figura 11A). O acúmulo em função das épocas obtiveram máximo aos 75 DAS havendo um incremento de 138,67 e 214,594 g/ha de zinco na folha e raiz, respectivamente (Figura 11B)

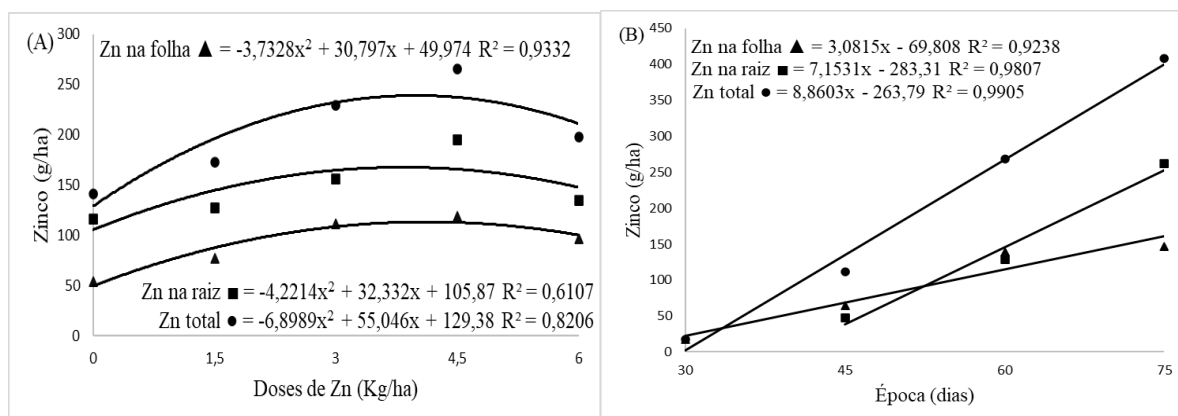


Figura 11: Acúmulo de zinco em razão da adubação com doses de Zn (A) e em função da época (B) em beterraba.

Os resultados indicam que as plantas obtiveram maior incremento nas doses intermediárias de zinco. De acordo com Gupta et al. (2016) os teores de zinco costumam ser

maiores na raiz e isso acontece pois a planta tende a proteger a parte fotossintética da planta de níveis tóxicos de Zn, desta forma esse pode ter sido o motivo desse comportamento ter se repetido algumas vezes durante os resultados do experimento.

A PDT cresceu de forma linear de acordo com o aumento das doses alcançando estimado de 11,58 t/ha na dose 6kg/ha de zinco, com incremento de 28,5%. Na produtividade total o incremento foi de 23,98%. Já a PDNC apresentou comportamento decrescente, de modo que com o aumento das doses de zinco as perdas foram diminuindo, na dose de 6 kg/ha a PDNC foi de 0,975 t/ha. A produtividade total no experimento foi de 12,55 t/ha.

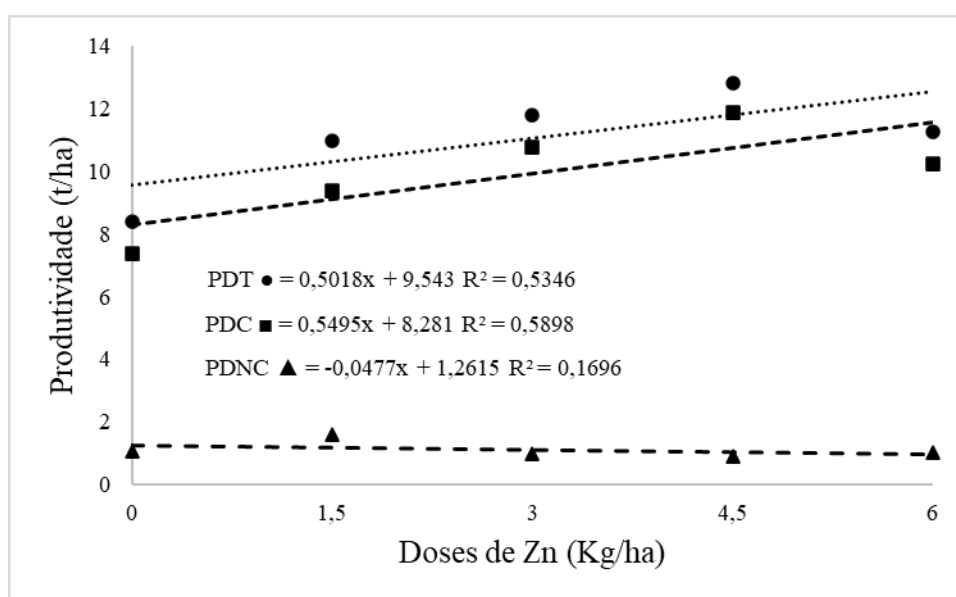


Figura 12: Produtividade total (PDT), comercial (PDC) e não comercial (PDNC) de raízes tuberosas de beterraba em razão da adubação com doses de Zn.

O aumento na produtividade em função da adubação com zinco pode ter relação com a funções fisiológicas para que esse micronutriente é importante na cultura, tais funções citadas anteriormente, como sua importância na fotossíntese, respiração, controle hormonal, etc. Segundo alguns autores o aumento da produtividade com a aplicação de Zinco foi observado em vários cultivos (WHITE et al, 2012; FIGUEIREDO et al., 2017), além disso pode-se perceber além do aumento da produtividade, o aumento da qualidade da beterraba (GOBARAH et al., 2014; BARLÓG; NOWACKA; BLASZYK, 2016).

5 CONCLUSÃO

O aumento na disponibilidade de B até a dose de 4 kg/ha proporcionou maior acúmulo de nutriente (N, P, K e B), resultando em um maior ganho na produtividade.

A adubação com Zn promoveu maior acúmulo na raiz tuberosa com aplicação da dose 3,8 kg/ha e aumento na produtividade na dose de 6 kg/ha.

O acúmulo de nutriente e massa seca foi maior aos 75 DAS, exceto no acúmulo de fósforo pela folha no experimento de Zn que apresentou maior acúmulo 59 DAS.

6 REFERÊNCIAS

- ABDEL-MOTAGALLY, F. M. F. Effect concentration and spraying time of boro on yield and quality traits of sugar beet grown in newly reclaimed soil conditions. **Assiut Journal of Agricultural Sciences**, v. 46, n. 6, p. 15-26, 2015
- ALI, A. A. M. Sugar beet productivity as affected by nitrogen fertilizer and foliar spraying with boron. **Journal Microbiology Science**, v. 4, p. 181- 196, 2015.
- BAKER, Alan JM et al. Metal hyperaccumulator plants: a review of the ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal-polluted soils. **Phytoremediation of contaminated soil and water**, p. 85-107, 2020.
- BARKER, Allen V.; PILBEAM, David J. (Ed.). **Handbook of plant nutrition**. CRC press, 2015.
- BARŁÓG, P.; NOWACKA, A.; BŁASZYK, R. Effect of zinc band application on sugar beet yield, quality and nutrient uptake. **Plant, Soil and Environment**, v. 62, n. 1, p. 30-35, 2016.
- BATISTA, Marcos AV et al. Atributos de solo-planta e de produção de beterraba influenciados pela adubação com espécies da Caatinga. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 31-38, 2016.
- BELL, Richard W. Diagnosis and prediction of boron deficiency for plant production. **Plant and soil**, v. 193, n. 1, p. 149-168, 1997.
- BERGAMIN, Luis Guilherme et al. Produção de repolho em função da aplicação de boro associada a adubo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 311-315, 2005.
- CAI, Yi-Zhong; SUN, Mei; CORKE, Harold. Characterization and application of betalain pigments from plants of the Amaranthaceae. **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, n. 9, p. 370-376, 2005.
- CEAGESP (SEDES – Seção de economia e desenvolvimento), 2020
- CLIFFORD, Tom et al. The plasma bioavailability of nitrate and betanin from Beta vulgaris rubra in humans. **European journal of nutrition**, v. 56, n. 3, p. 1245-1254, 2017.
- DOS SANTOS, ALAN OLIVEIRA. Produção de olerícolas (alface, beterraba e cenoura) sob manejo orgânico nos sistemas Mandalla e Convencional. 2010.
- EPSTEIN, E. Bloom. AJ, Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. **Planta, Londrina, Brasil**, 2004.
- DECHEN, A. R. et al. Micronutrientes. **Nutrição mineral de plantas**, v. 1, p. 327-354, 2006.
- FAQUIN, Valdemar. Nutrição mineral de plantas. 2005.
- FARIAS, Daise Ribeiro de et al. Fósforo em solos representativos do Estado da Paraíba: I-isotermas de adsorção e medidas do fator capacidade de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 623-632, 2009.

FERREIRA, M. D.; TIVELLI, S. W. Cultura da beterraba: Recomendações gerais. Guaxupé: COOXUPÉ, 1990. 14p. **Boletim Técnico Olericultura**, v. 2, 1990.

REIS FILGUEIRA, Fernando Antonio. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Universidade Federal de Viçosa, 2000.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3ª edição. **Viçosa: UFV. 418p**, 2012.

FILGUEIRA, Fernando Antonio Reis. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. revisada e ampliada. **Ed. UFV. Viçosa**, 2007.

DE ANDRADE, João Carlos et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. 2001.

DE FIGUEIREDO, Marislaine A. et al. Zinc and selenium accumulation and their effect on iron bioavailability in common bean seeds. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 111, p. 193-202, 2017.

DE SOUZA BARRAL, Deiviane et al. VÁRIAVEIS BIOMÉTRICAS DA COUVE-FLOR EM FUNÇÃO DE DOSES DE BORO E TENSÃO DE ÁGUA NO SOLO NA REGIÃO NORDESTE PARAENSE. 2017.

GOBARAH, M. E.; TAWFIK, M. M.; ZAGHLOUL, S. M.; AMIN, G. A. Effect of combined application of different micronutrients on productivity and quality of sugar beet plants (*Beta vulgaris* L.). **International Journal of Plant and Soil Science**, London, v. 3, n. 6, p. 589-598, 2014.

GONDIM, Ancélio Ricardo de Oliveira et al. **Absorção e mobilidade do boro em plantas de tomate e de beterraba**. 2009.

GRANGEIRO, Leilson Costa et al. Acúmulo e exportação de nutrientes em beterraba. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 267-273, 2007.

GUPTA, Neha; RAM, Hari; KUMAR, Balwinder. Mechanism of Zinc absorption in plants: uptake, transport, translocation and accumulation. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 15, n. 1, p. 89-109, 2016.

HAAG, H. P.; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças LXXIII: requerimento de nutrientes pela cultura da beterraba. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 44, p. 401-408, 1987.

KANNER, Joseph; HAREL, Stela; GRANIT, Rina. Betalains a new class of dietary cationized antioxidants. **Journal of Agricultural and Food chemistry**, v. 49, n. 11, p. 5178-5185, 2001.

KIRKBY, Ernest Arnold; RÖMHELD, Volker. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **Informações agronômicas**, v. 118, n. 2, p. 1-24, 2007.

LENOBLE, Mary E.; BLEVINS, Dale G.; MILLES, R. J. Boro extra mantém crescimento radicular sob condições de alumínio tóxico. **Informações agronômicas**, v. 92, p. 3-4, 2000.

MALAVOLTA, Eurípedes. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Sao Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MARQUES, Luciano Façanha et al. Produção e qualidade da beterraba em função da adubação com esterco bovino. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 1, p. 24-31, 2010..

MARSCHNER, H. Marschner's mineral nutrition of higher plants, Waltham, MA. 2012.

NOVAIS, RF de; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. **Fertilidade do solo**, v. 1, p. 472-537, 2007.

PASSOS, Danilo dos Reis Cardoso. Resposta da beterraba a doses de fósforo e de potássio em Latossolo com altos teores desses nutrientes. 2019.

SADEGHZADEH, B. A review of zinc nutrition and plant breeding. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition, Temuco**, v. 13, n. 4, p. 905-927, 2013.

SAGARDOY, R. et al. Stomatal and mesophyll conductances to CO₂ are the main limitations to photosynthesis in sugar beet (*Beta vulgaris*) plants grown with excess zinc. **New Phytologist**, v. 187, n. 1, p. 145-158, 2010.

SANTOS, C.A.; OLIVEIRA, A. B.; ROCHA, I. A.; FREITAS, P. G. N.; Beterraba: a raiz forte da terra. **Revista Campo & Negócios**. Uberlândia/MG, 2020.

SEDIYAMA, Maria AN et al. Produtividade e exportação de nutrientes em beterraba cultivada com cobertura morta e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 883-889, 2011.

SFREDO, Gedi Jorge. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Londrina: Embrapa Soja, 2008.

SILVA, Alexsandro Oliveira da; SILVA, Ênio Farias de França; KLAR, Antônio Evaldo. Acúmulo e exportação de macronutrientes em beterraba sob diferentes manejos de fertirrigação e salinidade. **Bragantia**, v. 76, p. 125-134, 2017.

Silva AO, Silva ÊFFE, Klar AE (2017) Acúmulo e exportação de macronutrientes em beterraba sob diferentes manejos de fertirrigação e salinidade. *Bragantia* 76:125-134.

SINGH, B.; HATHAN, B. S. Composição química, propriedades funcionais e processamento de beterraba - uma revisão. *Revista Internacional de Pesquisa Científica e de Engenharia*, n. 5, p. 679-684, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant physiology*. 4.ed. Sunderland, Sinauer Associates, 2006, 719p.

TIVELLI, Sebastião Wilson et al. Beterraba: do plantio à comercialização. **Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC**, v. 210, 2011.

TIVELLI, Sebastião Wilson et al. Beterraba: do plantio à comercialização. **Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC**, v. 210, 2011.

TRANI, Paulo Espíndola et al. Calagem e adubação da beterraba. **Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas**, 2013.

VENDRAME, Pedro Rodolfo Siqueira et al. Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagens na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 859-864, 2007.

WESSELLS, K. Ryan; BROWN, Kenneth H. Estimating the global prevalence of zinc deficiency: results based on zinc availability in national food supplies and the prevalence of stunting. **PloS one**, v. 7, n. 11, p. e50568, 2012.

WHITE, Philip J. Long-distance transport in the xylem and phloem. In: **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Academic Press, 2012. p. 49-70.