

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**MARCHA DE ACÚMULO DE MATÉRIA-SECA E DE
NUTRIENTES PELO MILHO SUPERDOCE**

**Natália Barreto Meneses
Engenheira Agrônoma**

2014

**D
I
S
S.
/
M
E
N
E
S
E
S
N.
B.
2
0
1
4**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**MARCA DE ACÚMULO DE MATÉRIA-SECA E DE
NUTRIENTES PELO MILHO SUPERDOCE**

Natália Barreto Meneses

Orientador: Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal)

2014

Meneses, Natalia Barreto
M543m Marcha de acúmulo de matéria-seca e de nutrientes pelo
milho superdoce / Natalia Barreto Meneses. – – Jaboticabal, 2014
iii, 53 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014

Orientador: Arthur Bernardes Cecílio Filho

Banca examinadora: Luiz Felipe Villani Purqueiro, Juan
Waldir Mendoza Cortez.

Bibliografia

1. *Zea mays* L. ssp. *mays*. 2. Marcha de absorção. 3.
Fenologia. 4. Nutrição mineral. I. Título. II. Jaboticabal -
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 633.15:631.81

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

(VERSO DA PÁGINA DE ROSTO)



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: MARCHA DE ACÚMULO DE MATÉRIA-SECA E DE NUTRIENTES PELO MI
LHO SUPERDOCE

AUTORA: NATALIA BARRETO MENESES

ORIENTADOR: Prof. Dr. ARTHUR BERNARDES CECILIO FILHO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ARTHUR BERNARDES CECILIO FILHO

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. LUIZ FELIPE VILLANI PURQUERIO

Instituto Agronômico de Campinas / Campinas/SP

Prof. Dr. JUAN WALDIR MENDOZA CORTEZ

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 25 de julho de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

NATALIA BARRETO MENESES - filha de *Jivaldo Cruz de Meneses* e *Gilvana Barroso Barreto*, nascida aos 17 de julho de 1990, natural de Aracaju, Estado de Sergipe, Brasil. cursou o ensino fundamental e médio no “Grêmio Escolar Graccho Cardoso”. Em março de 2008 ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal de Sergipe (UFS), Câmpus de São Cristovão. Como aluna de graduação foi bolsista de iniciação científica dos projetos intitulados “*Lógicas produtivas e estratégias de reprodução social: O caso do assentamento Caio Prado*” sob orientação da Profa. Dra. Maria Lúcia da Silva Sodré e “*Maximização na produção de mudas e épocas de colheitas do inhame*” e “*Produção de alface americana em diferentes coberturas do solo*” sob orientação da Profa. Dra. Maria Aparecida Moreira. Estagiou durante os anos de 2010 e 2011 no projeto “*Pequeno Produtor, Grande Empreendedor: Desenvolvimento de Tecnologias Sustentáveis para Produção de Olerícolas no Município de Itabaiana (Sergipe, Brasil)*”. Ingressou no curso de Pós-graduação em Agronomia - Mestrado em Produção Vegetal - em março de 2013, pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP/campus de Jaboticabal, sendo bolsista da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), tendo como orientador o *Professor Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho*.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

**Dedico este trabalho aos meus pais e irmãos,
simplesmente por serem as pessoas que mais amo
neste mundo.**

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação marca o fim de uma importante etapa. Gostaria de agradecer a todos aqueles que contribuíram de forma decisiva para a sua concretização.

A minha grande família. Em especial ao meu PAI e minha MÃE, meus heróis, muitíssimo obrigado pelo investimento, pelo amor incondicional, pelo carinho, pelo apoio, pelo exemplo de pessoas honestas e trabalhadoras que são. Aos meus irmãos Leo, Rafael e Lissa, meus amigos especiais, que me ajudaram a ser quem sou, que depositam confiança em mim e para os quais sou uma esperança, resta-me afincadamente não vos desiludir. Amo muito vocês!

Ao meu orientador Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho, pessoa inteligente, responsável e justa. Quero agradecer pela paciência, pelas sugestões, compreensão, amizade e auxílio para a conclusão dessa etapa.

Agradeço a Profa. Dra. Maria Aparecida Moreira, sempre solícita, com quem aprendi muito, quando trabalhamos na iniciação científica.

Aos docentes do curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal da FCAV/UNESP pela importante contribuição em meu crescimento científico;

Aos meus queridos amigos da pós-graduação Tatiana Pagan, Claudia Amaral, Rodrigo Nowaki, Eliza Barbosa, Leonardo Correia, Víctor Vergara, Juan Waldir e Matheus Bianco, que estiveram presentes durante essa jornada, com quem tive a honra de conviver e compartilhar bons momentos.

A Waldyr Porto, meu velho amigo. Obrigado pela parceria honesta e fiel. Gosto muito de você! Agradeço, pelo apoio nos momentos de fragilidade e verdadeiro contentamento pelas minhas conquistas.

Gostaria também de agradecer a Nathalia Gioria, pela forma amável, aberta e atenciosa como fui recebida. Emprestou-me seu colo nos, inúmeros, momentos em que a saudade de casa parecia limitar a caminhada.

Agradeço a todos que passaram pelo meu caminho em Jaboticabal e que com certeza deixaram um pouco de si. Em especial a Tiago Barbalho por alegrar minha vida nesta cidade, nossa empatia foi imediata, desejo que nossa história se estenda por um longo tempo.

À Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal - FCAV/UNESP, pelos ensinamentos oferecidos e pela oportunidade de realização do curso; e às pessoas com quem convivi nesses espaços ao longo desses anos.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa da FCAV, Campus de Jaboticabal, Inauro, Cláudio e Reinaldo, pelo apoio na condução dos trabalhos de campo;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa;

A indústria Predilecta pelo auxílio e apoio concedido, que foi de fundamental importância para o desenvolvimento desta pesquisa.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram ou participaram desse trabalho, que se finda com a elaboração da presente dissertação.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
LISTA DE FIGURA.....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	8
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
4.1 Crescimento e desenvolvimento.....	10
4.2 Acúmulo de nutrientes.....	13
4.2.1 Nitrogênio.....	13
4.2.2 Fósforo.....	16
4.2.3 Pótassio.....	18
4.2.4 Cálcio.....	20
4.2.5 Magnésio.....	22
4.2.6 Enxofre.....	24
4.2.7 Boro.....	26
4.2.8 Cobre.....	28
4.2.9 Ferro.....	29
4.2.10 Manganês.....	31
4.2.11 Zinco.....	32
4.3 Acumulação total e exportação.....	34
5 CONCLUSÕES.....	35
6 REFERÊNCIAS.....	35

MARCHA DE ACÚMULO DE MATERIA-SECA E DE NUTRIENTES PELO MILHO SUPERDOCE

RESUMO - O Brasil apresenta elevado potencial para a produção de milho doce (*Zea mays* L. ssp. *mays*), voltada principalmente ao processamento industrial. É importante que aconteça um bom manejo da adubação e nutrição mineral para que as espigas atinjam o padrão de processamento. Portanto, neste trabalho, objetivou-se quantificar o crescimento e o acúmulo de nutrientes pelo milho híbrido superdoce GSS 41243. Foi conduzido um experimento em Guaíra-SP, Brasil, no período de abril a agosto de 2013, utilizando o delineamento experimental inteiramente casualizado, com nove tratamentos que correspondem às épocas de coleta das plantas (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 dias após a emergência) e quatro repetições. Colhendo-se dez plantas por repetição em cada coleta, que foram divididas em folhas, colmo, pendão e espiga. Foram determinados os acúmulos de macro (N, P, K, Ca, Mg, S) e micronutrientes (B, Cu, Mn, Fe e Zn) em cada parte da planta, em cada época de coleta. A extração total de nutrientes pela cultura foram 306,8; 46,2; 406,3; 39,0; 33,4 e 23,1 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, e de 213,6; 118,4; 3.360,0; 784,0 e 684,0 g ha⁻¹ de B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente. A dinâmica de acúmulo de nutrientes pelo milho superdoce seguiu a ordem decrescente: K > N > P > Ca > Mg > S > Fe > Mn > Zn > B > Cu. A exportação de nutrientes que correspondeu às quantidades presentes na espiga no momento da última coleta, ou seja, no estágio R₃, foram na ordem de 103,0 kg ha⁻¹ de N; 19,0 kg ha⁻¹ de P; 104,5 kg ha⁻¹ de K; 3,4 kg ha⁻¹ de Ca; 9,90 kg ha⁻¹ de Mg e 7,3 kg ha⁻¹ de S, 64,0 g ha⁻¹ de B; 33,6 g ha⁻¹ de Cu; 632 g ha⁻¹ de Fe; 184 g ha⁻¹ de Mn e 320 g ha⁻¹ de Zn.

Palavras-chave: *Zea mays* L. ssp. *mays*, marcha de absorção, fenologia, nutrição mineral.

MARCH OF ACCUMULATION OF DRY MATTER AND NUTRIENTS FOR SWEET CORN

ABSTRACT - Brazil has high potential for the production of sweet corn (*Zea mays* L. ssp. *Mays*), aimed principally at industrial processing. It is important that happens a good fertilizer management and mineral nutrition for the ears reach the standard processing. Therefore, this study aimed to quantify the growth and nutrient uptake by maize hybrid supersweet GSS 41243. An experiment was conducted in Guaira-SP, Brazil, in the period April to August 2013, using a completely randomized design, with nine treatments that correspond to the times of collection of plants (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100 days after emergence) and four replications. Picking up ten plants per replication in each sample, which were divided into leaf, stem, tassel and ear. Were determined accumulations of macro (N, P, K, Ca, Mg, S) and micronutrients (B, Cu, Mn, Fe and Zn) in each part of the plant in each collection time. The total nutrient uptake by the crop was 306.8; 46.2; 406.3; 39.0; 33.4 and 23.1 kg ha⁻¹ of N, P, K, Ca, Mg and S, respectively, and 213.6; 118.4; 3360.0; 784.0 and 684.0 g ha⁻¹ Cu, Fe, Mn and Zn, respectively. Dynamics of nutrient accumulation by supersweet corn followed the descending order: K > N > P > Ca > Mg > S > Fe > Mn > Zn > B > Cu. The export of nutrients that corresponded to the amounts present in the ear at the time of the last collection, that is, the R3 stage, were in the order of 103.0 kg ha⁻¹ N; 19.0 kg ha⁻¹ P; 104.5 kg ha⁻¹ K; 3.4 kg ha⁻¹ of Ca; 9.90 kg ha⁻¹ and 7.3 kg Mg ha⁻¹ S, 64.0 g ha⁻¹ B; 33.6 g ha⁻¹ of Cu; 632 g ha⁻¹ of Fe; 184 g ha⁻¹ of Mn and 320 g ha⁻¹ Zn.

Keywords: *Zea mays* L. ssp. *mays*, the absorptions, phenology, mineral nutrition.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. Acúmulo de matéria seca de folhas (Y_1), caule (Y_2), pendão (Y_3) e espiga (Y_4) no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'. Jaboticabal-SP, 201311
- FIGURA 2. Acúmulo de nitrogênio nas folhas (Y_1), no caule (Y_2), no pendão (Y_3) e na espiga (Y_4) no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'. Jaboticabal-SP, 2013.....13
- FIGURA 3. Acúmulo de fósforo nas folhas (Y_1), no caule (Y_2), no pendão (Y_3) e na espiga (Y_4) no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'. Jaboticabal-SP, 2013.....17
- FIGURA 4. Acúmulo de potássio nas folhas (Y_1), no caule (Y_2), no pendão (Y_3) e na espiga (Y_4) no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'. Jaboticabal-SP, 2013.....19
- FIGURA 5. Acúmulo de cálcio nas folhas (Y_1), no caule (Y_2), no pendão (Y_3) e na espiga (Y_4) no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'. Jaboticabal-SP, 2013.....21
- FIGURA 6. Acúmulo de magnésio nas folhas (Y_1), no caule (Y_2), no pendão (Y_3) e na espiga (Y_4) no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'. Jaboticabal-SP, 201323
- FIGURA 7. Acúmulo de enxofre nas folhas (Y_1), no caule (Y_2), no pendão (Y_3) e na espiga (Y_4) no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'. Jaboticabal-SP, 201325

- FIGURA 8. Acúmulo de boro nas folhas (Y_1), no caule (Y_2), no pendão (Y_3) e na espiga (Y_4) no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'. Jaboticabal-SP, 201327
- FIGURA 9. Acúmulo de cobre nas folhas (Y_1), no caule (Y_2), no pendão (Y_3) e na espiga (Y_4) no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'. Jaboticabal-SP, 2013.....28
- FIGURA 10. Acúmulo de ferro nas folhas (Y_1), no caule (Y_2), no pendão (Y_3) e na espiga (Y_4) no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'. Jaboticabal-SP, 201330
- FIGURA 11. Acúmulo de manganês nas folhas (Y_1), no caule (Y_2), no pendão (Y_3) e na espiga (Y_4) no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'. Jaboticabal-SP, 201131
- FIGURA 12. Acúmulo de zinco nas folhas (Y_1), no caule (Y_2), no pendão (Y_3) e na espiga (Y_4) no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'. Jaboticabal-SP, 201333

1 INTRODUÇÃO

O milho doce (*Zea mays* L. ssp. *mays*) é uma hortaliça de importância econômica mundial. Seu cultivo vem expandindo-se a cada ano e insere-se como uma alternativa rentável ao agricultor, pelo preço diferenciado em relação ao milho grão, atribuído ao seu exclusivo consumo humano.

No Brasil, a produção está voltada, sobretudo, ao processamento industrial e os produtores necessitam atingir o padrão de espigas, exigidos pelas indústrias processadoras. São desejáveis espigas bem granadas, com maior massa, maiores que 15 cm de comprimento e de 3 cm de diâmetro (ALBUQUERQUE et al., 2008), por aumentarem a eficiência das máquinas industriais degranadoras.

Pra atingir o padrão supra citado é necessário que aconteça bom manejo da adubação e nutrição mineral (SOUZA et al., 2013). Esses são fatores essenciais para ganhos na quantidade e qualidade do produto, garantindo retorno adequado, visando, além de menor custo de produção, menor dano ambiental.

Os estudos sobre as práticas de manejo mais adequadas, incluindo o estudo da marcha de absorção de nutrientes e do acúmulo de matéria seca são de grande importância para subsidiar a definição das quantidades e de épocas para realizar as adubações. Com base nas quantidades extraídas, pode-se estimar as quantidades de nutrientes exportadas na colheita, e as quantidades que retornam ao solo via decomposição dos restos culturais (PINHO et al., 2009).

Nos poucos trabalhos consultados relacionados ao crescimento, marcha de absorção e exportação de nutrientes pelo o milho comum e pelo milho doce foram constatadas algumas diferenças nas quantidades de nutrientes absorvidas e exportadas, seja dentro do grupo de cultivares de milho comum, seja dentro do grupo de cultivares de milho doce. Essas variações possivelmente são ocasionadas pelas condições diferenciadas das cultivares como também pelas técnicas e condições ambientais de cultivo.

Justifica-se, portanto, a necessidade de mais estudos sobre crescimento e acúmulo de nutrientes pelo milho doce pelas diferentes cultivares, nas diferentes regiões produtoras, de modo a conhecer as quantidades e as épocas mais

adequadas de fornecimento de nutrientes para promover o aumento da produtividade nas lavouras e para aumentar a eficiência desses insumos.

Nesse contexto, o objetivo geral do trabalho foi quantificar o crescimento e o acúmulo de macro e micronutrientes pela cultura do milho híbrido superdoce GSS 41243, no município de Guairá, São Paulo. Os objetivos específicos visaram descrever o acúmulo de matéria-seca e de nutrientes do milho superdoce por meio de equações não lineares na folha, colmo, espiga e pendão das plantas; quantificar a exportação de nutrientes pela cultura; obter a sequência decrescente de exigência nutricional e verificar a época de maior demanda de cada nutriente;

2 REVISÃO DE LITERATURA

O milho doce é uma hortaliça de elevada importância econômica no mundo. Até 2012, a área cultivada correspondeu a 1.125.916,0 hectares, com produção de 9.764.006 toneladas de espigas e produtividade média de 8,6 toneladas por hectare. Os países maiores produtores são Estados Unidos, México, Nigéria, Indonésia, Hungria, França, África do Sul e Peru (FAO, 2014).

Esse milho é considerado um tipo especial, resultado de mutação espontânea do convencional (BHATT; YAKADRI; SIVALAKSHMI, 2012). Essa diferença é atribuída à presença de alelos mutantes, como *shrunken-2* (*sh2*), *brittle* (*bt*), *sugaryenhancer* (*se*), *sugary* (*su*) e *brittle-2* (*bt2*), que bloqueiam a conversão de açúcares em amido no endosperma, conferindo aos grãos alto teor de açúcares e baixo teor de amido (ZUCHARELLI et al., 2012). Enquanto o milho comum apresenta em torno de 3% de açúcar e entre 60 e 70% de amido, o milho doce tem em torno de 9 a 14% de açúcar e 30 a 35% de amido, e o superdoce tem em torno de 25% de açúcar e 15 a 25% de amido (PEREIRA FILHO, 2003).

Destaca-se por sua maior palatabilidade, tendo potencial utilização como espécie hortícola. Acredita-se que, em pouco tempo, esta cultura possa se tornar importante fonte de renda, já que tem maior valor agregado e poder ser comercializada na forma processada (BRITO et al., 2013).

No Brasil, a produção está voltada principalmente para o processamento industrial, por meio de contratos realizados entre produtores rurais e as

agroindústrias (OKUMURA et al., 2013). A possibilidade de processamento durante os 12 meses do ano tornaram estas indústrias extremamente competitivas no cenário nacional e internacional (MAGGIO, 2006).

É necessário ressaltar, entretanto, que para o milho doce espigas bem granadas, com maior massa, são desejáveis. O comprimento e o diâmetro das espigas são aspectos importantes para o processamento industrial, uma vez que o padrão requerido exige tamanho maior que 15 cm de comprimento e 3 cm de diâmetro, por aumentarem a eficiência das máquinas industriais degranadoras (ALBUQUERQUE et al., 2008).

Para que isso aconteça é importante um bom manejo da adubação e nutrição mineral (SOUZA et al., 2013). Esses são fatores essenciais para ganhos na quantidade e qualidade do produto, garantindo retorno adequado, e devem, conforme Molina et al. (2013), serem aplicados corretamente, de modo a atingir elevada eficiência, visando, além de menor custo de produção, menor dano ambiental.

Um estudo de grande importância para o manejo da adubação do milho doce é a marcha de absorção de nutrientes e o acúmulo de matéria seca, em função dos estádios fenológicos da cultura (COELHO; FRANÇA, 2013), que é de fundamental importância para subsidiar a definição das quantidades e as épocas para realizar as adubações, assim como também das quantidades mínimas a serem restituídas ao solo para fins de manutenção da fertilidade (PINHO et al., 2009).

Segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), o interesse de se conhecer a marcha de acúmulo de nutrientes se prende aos seguintes objetivos: determinar as épocas em que os nutrientes são mais exigidos e em que, portanto, a adubação deve fornecê-los; possibilitar a correção de eventuais deficiências e avaliar o estado nutricional por meio da variação na composição de órgãos representativos.

Deve-se ter consciência, no entanto, de que as curvas de absorção refletem o que a planta absorveu sob as condições em que foi cultivada, ou seja, o ambiente de cultivo influencia significativamente a quantidade de nutrientes acumulado pelo genótipo. Por isso, a quantidade de nutrientes acumulada pelo milho doce pode não retratar fielmente a necessidade de nutrientes pela cultura, devendo, portanto, ser a marcha de acúmulo avaliada em vários climas para melhor aferição da demanda do

milho doce, para ambientes e produtividades distintas. Pinho et al. (2009) alertam para o fato de que as quantidades dos nutrientes obtidas ao final do ciclo da cultura não são as doses dos nutrientes a serem aplicadas, pois deve ser considerada a eficiência de aproveitamento dos nutrientes aplicados ou seja a eficiência da fertilização, que é variável segundo as condições climáticas, o tipo de solo, o sistema de irrigação, o manejo cultural, entre outros fatores, conforme também destacam Hirzel e Undurraga (2013).

As quantidades de nutrientes acumulados e exportados pela planta variam com a espécie e cultivar, a produtividade e o manejo cultural. Culturas com maior produtividade removem maiores quantidades de nutrientes do solo (HECKMAN, 2007).

No que diz respeito às marchas de acúmulo de nutrientes para o milho doce, foram encontrados os trabalhos de Maggio (2006), Heckman (2007), Borin, Lana e Pereira (2010) e Hart et al. (2010).

O acúmulo de matéria seca de milho comum cultivado na Carolina do Sul, foi descrita por Karlen, Flannery e Sadler (1988), a matéria seca da parte aérea total, na maturação fisiológica do fruto, foi de $31,8 \text{ t ha}^{-1}$, sendo $16,3 \text{ t ha}^{-1}$ de espiga. Maggio (2006), estudando o crescimento do milho doce 'Tropical' em cultivo de verão, observou que a massa seca do milho doce foi de $13,5 \text{ t ha}^{-1}$ na parte vegetativa e $12,6 \text{ t ha}^{-1}$ na parte reprodutiva, totalizando $26,3 \text{ t ha}^{-1}$ de massa seca aos 99 dias após o plantio. Borin, Lana e Pereira (2010), em cultivo de inverno, com o mesmo híbrido, obtiveram aos 81 dias após o plantio, $11,9 \text{ t ha}^{-1}$ de massa seca total.

O estudo da matéria seca determina o aumento de material acumulado durante a formação de um órgão ou da planta toda, sem levar em consideração o conteúdo de água. Do ponto de vista agrônomo, quantificar o crescimento e o acúmulo de nutrientes podem ser úteis para avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição das diferentes partes no crescimento, além de auxiliar nas adubações, mediante quantificação do acúmulo de nutrientes (OKUMURA et al., 2013).

Karlen, Flannery e Sadler (1988), para uma produtividade de $11,7 \text{ t ha}^{-1}$ de grãos, verificaram que o acúmulo de nutrientes pelo milho comum seguiu a ordem

decrecente N > K > P > Ca > Mg > S > Fe > Mn > Zn > Cu > B, com 386,0; 370,0; 70,0; 59,0; 44,0; 40,0; 1,9; 0,9; 0,8; 0,14 e 0,1 kg ha⁻¹ respectivamente.

Ainda para milho comum, Pinho et al. (2009) encontraram a mesma sequência de acúmulo, sendo N > K > P > Ca > Mg > S, com 364,0; 314,0; 84,0; 60,5; 42,0; 27,0 kg ha⁻¹, respectivamente. Diferentemente, Duarte et al. (2003) avaliando o desempenho de cultivar de clima tropical em clima temperado, com uma população de 50.000 plantas ha⁻¹, verificaram que a planta acumulou, na maturação fisiológica do grão, 204,0; 162,0; 41,0; 25,0; 24,0; 11,0 kg ha⁻¹ de N, K, Mg, P, Ca e S.

Borin, Lana e Pereira (2010), estudando o acúmulo de nutrientes em cultivo de inverno, com população de 62.500 plantas por hectare, e aos 81 dias após a emergência, verificaram que a ordem de acúmulo pelo milho doce 'Tropical' foi K > N > Mg > P > Ca > S e a extração total de macronutrientes pela planta de milho doce, em kg ha⁻¹, 123,0; 18,8; 126,1; 25,7; 13,2; 10,7 para N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. Essa ordem diverge das observadas para milho comum (KARLEN; FLANNERY; SADLER, 1988; DUARTE et al., 2003; PINHO et al., 2009), que tiveram o N como o nutriente mais acumulado.

De acordo com Hart et al. (2010), o milho doce híbrido Oregon, acumulou 102,0; 18,0 136,0 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente, em toda a matéria seca da planta, no momento da colheita da espiga.

Heckman (2007), em estudo realizado para quantificar a absorção de nutrientes pelo milho doce híbrido Señor de uma cultura com 23.231,0 plantas por hectare, constataram maior acúmulo de K do que de N, sendo a ordem decrescente de demanda pela cultura: K > N > Ca > Mg > P > S > Fe > Mn > Zn > B = Cu. As quantidades acumuladas pela cultura foram 196,8; 20,9; 270,0; 32,2; 21,2 e 18,0 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, e de 78,0; 78,0; 577,0; 468,0 e 203,0 g ha⁻¹ de B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente.

Maggio (2006), cultivando o híbrido de milho doce tropical, com população de 55.000 plantas por hectare, verificou que a cultura acumulou 395,0; 75,0; 403,0; 43,7; 32,2; 32,2 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. E para os micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn os acúmulos foram de 203,0; 81,0; 5.458,0; 1.331,0 e 347,0 g ha⁻¹, respectivamente. De acordo com o autor, a ordem

decrecente de acúmulo foi $K > N > Mg > P > Ca > S > Fe > Mn > Zn > B > Cu$, semelhante a Heckman (2007), Borin, Lana e Pereira (2010) e Hart et al. (2010) quanto ao nutriente mais acumulado pelo milho doce.

Portanto, de acordo com os resultados observados para o milho comum e para o milho doce, constatou-se divergência quanto ao nutriente requerido em maior quantidade, sendo o N para o milho comum e o K para o milho doce, muito provavelmente relacionado ao alto teor de açúcares nesse grupo varietal do milho.

Segundo Okumura et al. (2013), do ponto de vista nutricional o milho doce tem se revelado mais exigente em fertilidade do solo em relação ao milho comum. A riqueza em açúcares, aliada ao intenso metabolismo e ao ciclo mais curto, justificam tal condição. No entanto, essa afirmação é contrariada pelos resultados dos trabalhos citados acima.

Também, as diferenças identificadas nas quantidades de nutrientes acumulados pelo milho, seja dentro do grupo de cultivares de milho comum, seja dentro do grupo de cultivares de milho doce, podem ser explicadas por variações genótípicas (potencial produtivo e de eficiência no uso de nutrientes) como também das condições ambientais de cultivo.

Isso justifica a necessidade de estudos de crescimento e acúmulo de nutrientes pelo milho doce devido a diferença entre cultivares, nas diferentes regiões produtoras. De modo a conhecer as quantidades e as épocas mais adequadas de fornecimento de nutrientes para promover o aumento da produtividade nas lavouras e para aumentar a eficiência desses insumos.

Com base nas quantidades extraídas, pode-se estimar as quantidades de nutrientes exportadas na colheita, e as quantidades que retornam ao solo via decomposição dos restos culturais (PINHO et al. 2009). É necessário, portanto, para manter a fertilidade do solo, realizar a restituição dos elementos extraídos (OKUMURA et al., 2011).

No que se refere à exportação dos nutrientes nos grãos, o fósforo é quase todo translocado para as sementes (80 a 90%), seguindo-se o nitrogênio (75%), o enxofre (60%), o magnésio (50%), o potássio (20-30%) e o cálcio (10-15%) (COELHO; FRANÇA, 2013).

Heckman et al. (2003) observaram que a exportação dos nutrientes pela cultura do milho comum, com produtividade de 16,0 t ha⁻¹ foi 240,0; 86,4; 99,2; 7,2; 34,9; 22,4 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, e de 160,0; 92,8; 1.430,0; 156,8 e 552,0 g ha⁻¹ de B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente. .

Heckman (2007), para milho doce, verificou exportação, pelas espigas, de 79,7; 14,0; 53,0; 3,1; 6,1; e 5,8 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, e de 37,5; 21,9; 140,6; 68,7 e 122,5 g ha⁻¹ de B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente.

As quantidades acumuladas nas espigas do milho doce 'Tropical', aos 99 dias após a emergência, foram de 160,0; 33,0; 109,0; 6,5; 13,0 15,5 kg ha⁻¹ para N, P, K, Ca, Mg, S, respectivamente e de 91,0; 18; 1.508,0; 407,0; 193,0 g ha⁻¹ de B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente (MAGGIO, 2006).

Borin, Lana e Pereira (2010) obtiveram exportação de 73,4; 13,4; 58,3; 0,6; 7,5 e 5,9 kg ha⁻¹ para N, P, K, Ca, Mg, S, respectivamente. Na espiga, o acúmulo de macronutrientes é alterado em relação ao observado para a planta toda, que ao invés da ordem decrescente N > K > P > Mg > S > Ca, obtida para a espiga, tem K > N > Mg > P > Ca > S.

Em espigas de oito híbridos de milho doce, Hirzel e Undurruga (2013) verificaram que, na colheita, os teores (g kg⁻¹) de macronutrientes variando entre 13,5 e 21,0 para N; 2,4 e 3,2 para P; 9,8 e 12,4 para K; 0,37 e 0,83 para Ca; 1,0 e 1,5 para Mg, e 0,9 e 1,5 para S, enquanto os teores destes nutrientes na parte aérea (folhas e colmo) variaram entre 19,6 e 24,9 para N; 1,9 e 2,7 para P ; 23,5 e 32,6 para K; 3,3 e 4,1 para Ca; 2,1 e 2,8 para Mg, e 1,8 e 2,2 para S.

Grande parte de N e P extraído pela planta de milho é concentrada no grão, enquanto o caule concentra uma parte importante de K e de Mg absorvido pela planta. O Ca é encontrado em grande quantidade nas folhas. Portanto, quando da incorporação de restos culturais do milho, uma grande parte de K, Ca e Mg acumulados pela planta retornam ao solo, o que contribui para reduzir as exigências desses nutrientes na próxima safra, na medida em que o resíduo incorporado alcança sua decomposição biológica no solo (HIRZEL; UNDURRAGA, 2013). A gestão eficaz de nutrientes para a cultura requer uma contabilidade exata de nutrientes retirados do solo na parte colhida de uma cultura (HECKMAN et al., 2003).

A partir dessas informações constata-se que a adubação das culturas deve ser embasada em conhecimentos sobre a extração de nutrientes de cada genótipo, fertilidade dos solos, aspectos econômicos, manejo da cultura e produtividade esperada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em propriedade rural, no município de Guaíra, SP, localizada a 20°12'45''S, 48°26'57''O e altitude de 528 metros, em sucessão a cultura da soja, sob pivô central, no período de 22/4 a 12/8/2013. A temperatura média durante o experimento foi de 20°C e a precipitação pluvial acumulada no período foi de 107 mm, sendo 86 mm ocorrida até 25 dias após a semeadura.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Acriférico (EMBRAPA, 2006). Previamente à instalação do experimento, o solo foi amostrado na camada de 0 a 20 cm, analisado conforme os métodos descritos em Raij et al. (2001), e apresentou pH(CaCl₂) 5,4; matéria orgânica = 28 g dm⁻³, P(resina) = 34 mg dm⁻³, 29; 3,9; 22; 11; 37 e 67 mmol_c dm⁻³ de H + Al, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SB e CTC, respectivamente, V=56%. De acordo com o método descrito por Camargo et al. (2009), o solo possui 519, 295 e 186 g kg⁻¹ de argila, limo e areia, respectivamente.

Considerando a análise do solo e com base na recomendação de Raij et al. (1997) para produtividades de 16 a 20 t ha⁻¹ de espigas, a adubação de semeadura, feita em sulco, constou de 30 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato simples e 50 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio.

Foram realizadas adubações de cobertura aos 10 e 22 dias após a emergência (DAE) com 96 kg ha⁻¹ de N (ureia) e 220 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio).

A semeadura mecânica do híbrido de milho superdoce GSS 41243 (Syngenta) foi realizada em 22/4/2013, com profundidade de 0,04 m. O espaçamento entre fileiras do milho foi de 0,50 m e de 0,25 m entre plantas. Esse híbrido apresenta ciclo em torno de 110 dias, folhas semi-eretas, altura de planta entre 1,90 a 2,50 m, colmo com alta resistência ao acamamento, altura da inserção

da espiga de 1,60 m, coloração amarelo claro, pericarpo muito fino, alto teor de açúcares e produtividade.

Durante o ciclo de cultivo foram aplicados 460 mm de água, por pivô central, sendo 5 mm por dia da semeadura ao estágio V_2 , 20 mm (1 vez semana) de V_3 ao V_8 , 25 mm (1 vez por semana) do V_9 ao V_{14} e 45 mm (1 vez por semana) do V_T a R_3 . O controle de plantas daninhas foi realizado com aplicação de herbicidas pós-emergentes. O controle de pragas e doenças foi realizado com aplicação de fungicidas registrados para a cultura.

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com nove épocas de coleta de plantas (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 DAE) e quatro repetições, colhendo-se 10 plantas por repetição. As épocas de coleta corresponderam aos estádios de desenvolvimento V_6 , V_7 , V_9 , V_{12} , V_{16} , V_T , R_1 , R_2 , R_3 , respectivamente.

Em cada coleta, as plantas foram divididas em folhas, caule, pendão e espiga. O material vegetal foi lavado em água corrente, água deionizada com solução de detergente, 1 mL L^{-1} , água deionizada, e colocado a secar em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante. As amostras secas foram pesadas em balança digital com precisão de 0,1 g para estimativa da massa seca acumulada em cada parte vegetal e posteriormente realizada a moagem em moinho tipo Willey, utilizando-se uma peneira com malha de 0,1 mm.

De acordo com Bataglia et al. (1983), foram determinados os teores de macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Mn, Fe e Zn) em cada parte da planta e em cada época de coleta. O acúmulo (Ac) de cada nutriente, em cada parte da planta, em cada época amostrada, foi obtido por: $Ac = TN \times MS$, sendo TN o teor do nutriente e MS a quantidade de matéria seca da parte onde foi obtido o TN.

Para o cálculo das quantidades de nutrientes extraídos pela cultura (kg ha^{-1}), multiplicaram-se os valores de acúmulo obtidos por planta pela densidade populacional de 80.000 plantas ha^{-1} . A exportação de nutrientes correspondeu às quantidades presentes na espiga no momento da última coleta, correspondente ao estágio R_3 , período em que se realizou a colheita do milho superdoce.

Para representar os dados de crescimento e acúmulo dos nutrientes foi utilizada a função logística $[Y=A/(1+e^{(-K(X-X_c)})}]$, que melhor se ajustou as médias observadas, onde: Y= valor médio da característica; A= máximo assintótico

(quantidade máxima); K = valor médio de incremento da quantidade acumulada; X =tempo (dias); X_c = tempo necessário para alcançar a metade da quantidade máxima. Utilizando o programa ORIGIN 6.1. Foram calculados os níveis de significância para as equações pelo teste F.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento e desenvolvimento

A emergência ocorreu 10 dias após a semeadura, e o desenvolvimento do milho superdoce foi caracterizado pelo estágio vegetativo, de 0 a 73 dias após a emergência (DAE), e reprodutivo, de 73 a 110 DAE, totalizando ciclo de cultivo de 120 dias. A produtividade da cultura foi de $18,5 \text{ t ha}^{-1}$ de espigas e $5,3 \text{ t ha}^{-1}$ de grãos.

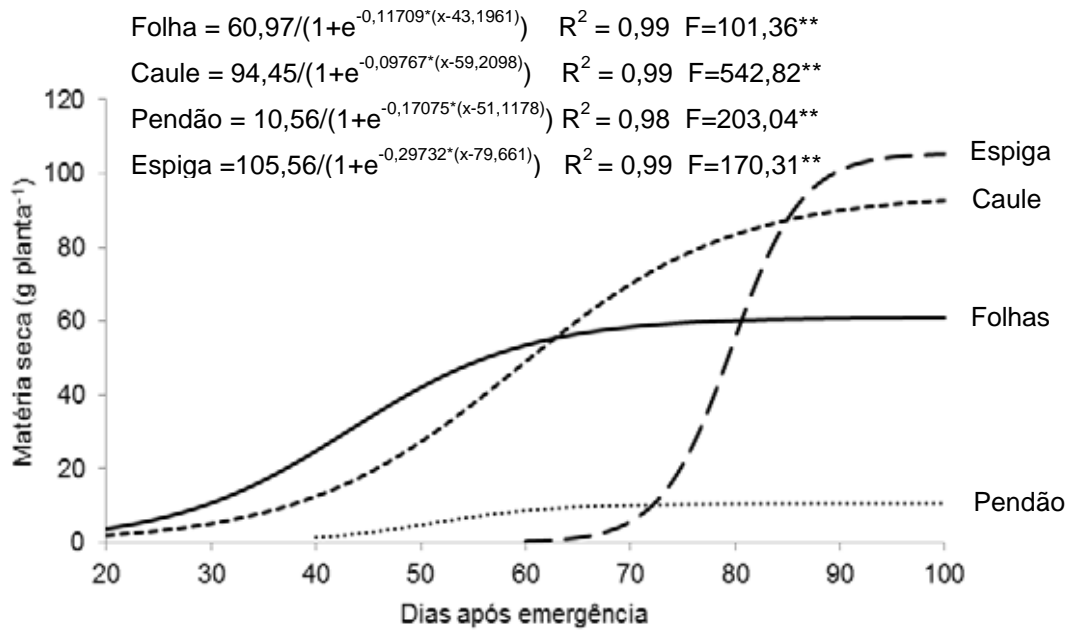
O acúmulo de matéria seca (MS) pelo híbrido de milho superdoce foi inicialmente lento até 30 DAE. A partir de então, observou-se grande acúmulo de MS pela planta, primeiramente nas partes vegetativas e, a partir de 70 DAE, na espiga. Somente cerca de 15 dias antes da colheita da espiga, ocorrida aos 100 DAE, foi observada desaceleração no acúmulo de MS pela planta (Figura 1).

Os acúmulos de matéria seca de folhas (MSF), caule (MSC), pendão (MSP) e espiga (MSE), no decorrer do ciclo de cultivo, apresentaram ajustes de equação logística, com três fases facilmente identificáveis (Figura 1).

Até 30 DAE, estágio V_7 , a planta acumulou quantidades pequenas de MSF e MSC, $10,7$ e $5,15 \text{ g planta}^{-1}$, respectivamente (Figura 1), que corresponderam a $17,6$ e $5,5 \%$ do total acumulado nessas partes ao final do ciclo.

Maior taxa de incremento de MSF, $1,4 \text{ g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, ocorreu entre 30 e 60 DAE, enquanto nos períodos antecedente e subsequente as taxas foram de $0,6$ e $0,2 \text{ g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente.

A partir do estágio V_6 ocorre um rápido incremento no crescimento do colmo, das folhas e das raízes nodais e poderá possibilitar a observação de sintomas visuais de deficiência de macro e micronutrientes na planta, os quais deverão ser corrigidos com adubação foliar ou via solo (FORNASIERI FILHO, 2007).



**significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 1. Acúmulo de matéria seca de folhas, caule, pendão e espiga no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'.

Para MSC, o período de grande acúmulo foi maior do que o observado para MSF, e compreendeu 50 dias, entre 30 e 80 DAE (Figura 1). Ao final desse período, a planta havia acumulado 78,4 g de MSC, o correspondente a 84,5% do total acumulado de MSC no final do ciclo da cultura.

A desaceleração no acúmulo de MSF, ocorrido a partir de 60 DAE somente se verificou para MSC a partir de 80 DAE. A diferença nos momentos em que ocorreram as estabilizações nos acúmulos de MSF e MSC pode ser atribuída ao constante crescimento em espessura do caule até quase o final do ciclo, enquanto a emissão de folhas cessou por ocasião do pendoamento (V_T), que ocorreu aproximadamente aos 68-70 DAE, e apresentou forte desaceleração durante o crescimento da espiga, que passou a ser o principal dreno da planta.

A visualização da inflorescência masculina ocorreu aos 40 DAE, quando a planta estava com 9 folhas (V_9). Embora a observação do pendão tenha ocorrido aos 40 dias, o pendoamento (estádio V_T) somente ocorreu entre 68 e 70 DAE, quando, conforme Fornasieri Filho (2007), a última ramificação do pendão torna-se completamente visível e os estilos-estigmas ainda são visualizados na espiga.

No órgão reprodutivo masculino, pendão, a estabilização no acúmulo de massa seca ocorreu muito rapidamente. O acúmulo de MSP iniciou-se aos 40 DAE e 20 dias após atingiu o seu máximo. A partir de V_9 o pendão começa a se desenvolver e o colmo continua a apresentar rápida alongação, em função do crescimento dos entrenós (FORNASIERI FILHO, 2007).

A espiga foi observada aos 60 DAE. No entanto, este não caracterizou o estágio R_1 , que é correspondente ao florescimento feminino. Este estágio se inicia quando alguns estilo-estigmas (cabelos) estão visivelmente fora das brácteas da espiga (FORNASIERI FILHO, 2007).

Entre 70 e 90 DAE, verificou-se rápido e grande acúmulo de MSE, $4,7 \text{ g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. A partir de 81 e 85 DAE a quantidade de MSE superou as quantidades de MSF e de MSC, respectivamente. Nesse período em que se verificou grande acúmulo de MSE, devido a acumulação de amido que ocorre nesse estágio (R_1 e R_2), com os grãos experimentando um período de rápida acumulação de MS (MAGALHAES; DURÃES, 2003), como também pelo crescimento da haste e palha da espiga que tem crescimento até o estágio R_2 .

No final do ciclo, aos 100 DAE, as folhas, caule, pendão e espiga acumularam 60,9; 92,7; 10,6 e 105,3 g planta^{-1} , equivalentes a 22,6; 34,4; 4,0 e 39,0% da MS total da planta ($269,5 \text{ g planta}^{-1}$).

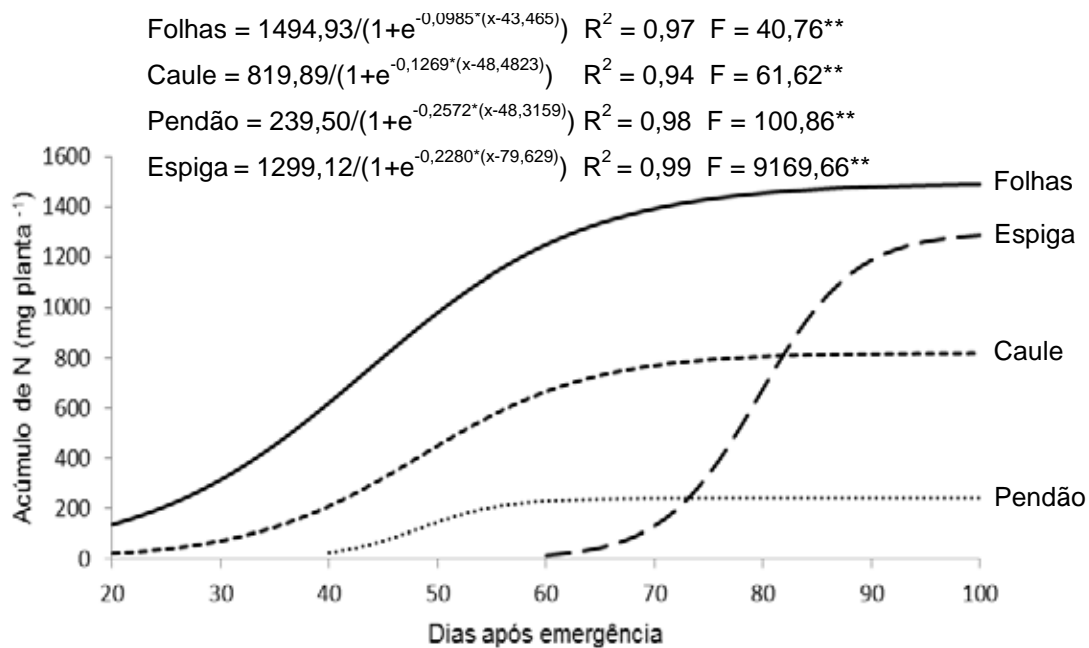
Para a população estimada neste trabalho o acúmulo de MS por hectare foi de 21,5 t. O dado do presente trabalho se encontra inferior ao encontrado por Maggio (2006) que estudou o crescimento do milho superdoce 'Tropical' e encontrou, no mesmo período (100 DAE), uma produção de MS igual a $26,3 \text{ t ha}^{-1}$. A diferença entre os acúmulos totais de MS podem ser atribuídas ao diferente potencial genético das cultivares utilizadas, como também a época de cultivo. O cultivo de verão em que foi realizado o trabalho de Maggio (2006) pode ter favorecido o maior crescimento da planta em relação ao presente trabalho realizado no período de inverno.

4.2 Acúmulo de nutrientes

4.2.1 Nitrogênio

A demanda de nitrogênio (N) pelo milho superdoce variou durante o desenvolvimento da planta, sendo menor na fase inicial, até 30 DAE, e maior no período subsequente até o final do ciclo de cultivo. Embora ocorreram estabilizações nas quantidades acumuladas de N na folha, no caule e no pendão, a partir do estágio V_T , ocorrido aproximadamente aos 70 DAE, a demanda de N pela espiga mantém elevado o requerimento de N pela planta (Figura 2).

As folhas apresentaram maiores quantidades de N do que as outras partes da planta (Figura 2), provavelmente, devido a grande atividade metabólica existente nesse órgão (processos como absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular) nos quais o N participa como constituinte de aminoácidos e proteínas (MALAVOLTA, 2006), além de estar presente na composição do ATP, NADH, NADPH e clorofila (HARPER, 1994).



**significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 2. Acúmulo de nitrogênio nas folhas, no caule, no pendão e na espiga no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'.

Até 30 DAE, quando a MSF representou 17,6% do máximo acumulado no final do ciclo, a quantidade de N presente nessa parte foi de 21% do máximo acumulado aos 100 DAE. No período seguinte, entre 31 e 70 DAE, foi acumulado $1027,7 \text{ mg planta}^{-1}$ ou 70% do total acumulado pelas folhas durante todo o ciclo, com taxa de $26,4 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Nos últimos 29 dias de ciclo, a taxa foi de $3,0 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

Maggio (2006) estudando o acúmulo de N no milho superdoce 'Tropical' observou absorção pequena nos primeiros 30 dias após a semeadura, equivalente a $228 \text{ mg planta}^{-1}$, aumentando de maneira considerável a partir deste ponto.

Próximo ao estágio V_{10} , cerca de 44 DAE, o tempo para surgimento de folhas em sucessão ocorre em 2 ou 3 dias, com a planta de milho iniciando um rápido e contínuo crescimento, com acúmulo de nutrientes e massa seca, os quais continuaram até os estádios reprodutivos (MAGALHÃES; JONES, 1990).

No caule, a maior demanda de N ocorreu de 35 a 70 DAE ($644 \text{ mg planta}^{-1}$), com taxa de acúmulo de $18,4 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, enquanto nos períodos precedente e posterior as taxas foram de $8,36$ e $1,5 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente.

A desaceleração no acúmulo de N na folha e caule ocorreram a partir de 70 DAE, período em que se verificou forte demanda de N pela espiga. A formação e enchimento dos grãos estão diretamente relacionados com a translocação de fotossintatos e de nutrientes, entre eles o N, pois é o principal dreno.

As partes reprodutivas da planta apresentaram grande diferença na marcha de acúmulo, assim como na quantidade acumulada. A inflorescência masculina, pendão, apresentou maior acréscimo dos 40 DAE, quando foi quantificada pela primeira vez, até 55 DAE, estabilizando logo após. A espiga, por outro lado, apresentou rápido acúmulo entre 70 e 90 DAE ($1.057,5 \text{ mg planta}^{-1}$), ou seja, 82 % do total acumulado nesta parte (Figura 2), com taxa diária de acúmulo de $52 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

Aos 55 DAE verificou-se que a planta acumulou 50% do N no final do ciclo de cultivo. Borin, Lana e Pereira (2010), para o híbrido Tropical, em cultivo de verão, constataram que a metade de N da planta foi absorvida até 36 DAE. Essa diferença pode ser atribuída ao material genético utilizado, como também, à época de cultivo.

Muzillin, Oliveira e Calegari (1989) afirmam que a cultura do milho acumula 50% do N de que irá necessitar entre 25 e 45 dias, evidenciando a importância das adubações nitrogenadas de cobertura serem realizadas no período adequado, nos estádios V_6 e V_8 .

Hart et al. (2010) observaram que o maior acúmulo de N no milho doce 'Oregon' aconteceu de 40 a 50 DAE, com taxa de acúmulo de $37,8 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

Em trabalho sobre acúmulo e exportação de macronutrientes no milho superdoce híbrido Tropical, Borin, Lana e Pereira (2010) avaliaram o acúmulo no milho até os 81 DAE e encontraram que o acúmulo máximo de N, $2.271,0 \text{ mg planta}^{-1}$, foi menor do que o encontrado neste trabalho no mesmo período ($3.253,0 \text{ mg planta}^{-1}$). Essa diferença pode ser atribuída as diferentes condições de cultivo dos dois estudos.

No fim do ciclo, os acúmulos de N nas folhas, caule, pendão e fruto foram $1.489,2$; $818,7$; $239,5$ e $1.286,6 \text{ mg planta}^{-1}$, respectivamente, totalizando $3.835,0 \text{ mg planta}^{-1}$. Desse total, 40% se acumularam nas folhas, 33% na espiga, 21% no caule e 6% no pendão. Esses resultados de partição do N corroboraram resultados encontrados por Maggio (2006), que observou que o N na parte vegetativa (folhas e caule) correspondeu a 59,48% e a parte reprodutiva (pendão e espiga) a 40,52%.

Os dados encontrados no presente trabalho foram inferiores aos encontrados por Maggio (2006) e Heckman (2007) que obtiveram o acúmulo máximo de N na planta inteira de $7.190,38 \text{ mg planta}^{-1}$ e $8.471,4 \text{ mg planta}^{-1}$, respectivamente. Essa diferença pode ser atribuída ao potencial genético das diferentes cultivares e época de cultivo.

Admitindo-se que o dossel fotossintético da planta é responsável, em grande parte, pela produtividade do milho superdoce, e que o N tem alta correlação com a formação deste aparato fotossintético, pode-se inferir que o período entre V_7 e V_{16} (30 e 60 DAE), trata-se de um período estratégico para a fertilização nitrogenada da cultura. Período de grande importância para definição do potencial produtivo da cultura, como definição do número de fileiras de grãos por espiga (V_8), número de grãos e tamanho da espiga (V_{12}) e número de grãos por fileira (V_{16}) (FORNASIERI FILHO, 2007). Esse período, além de ser caracterizado por alta demanda de N pelas folhas é, também, um período que precede alta demanda de N pela espiga.

Portanto, nesse período o N deve se encontrar disponível para o atendimento da demanda da planta, o que é influenciado pela época de aplicação (parcelamento) e por fatores ambientais que podem afetar a eficiência da fertilização nitrogenada. A grande exigência de N torna essa cultura altamente responsiva à adubação nitrogenada.

No estágio V_{12} , 50 DAE, o número de óvulos e o tamanho da espiga são definidos, com isso, a deficiência de N afeta negativamente esses dois componentes de produção (CARMO et al. 2012).

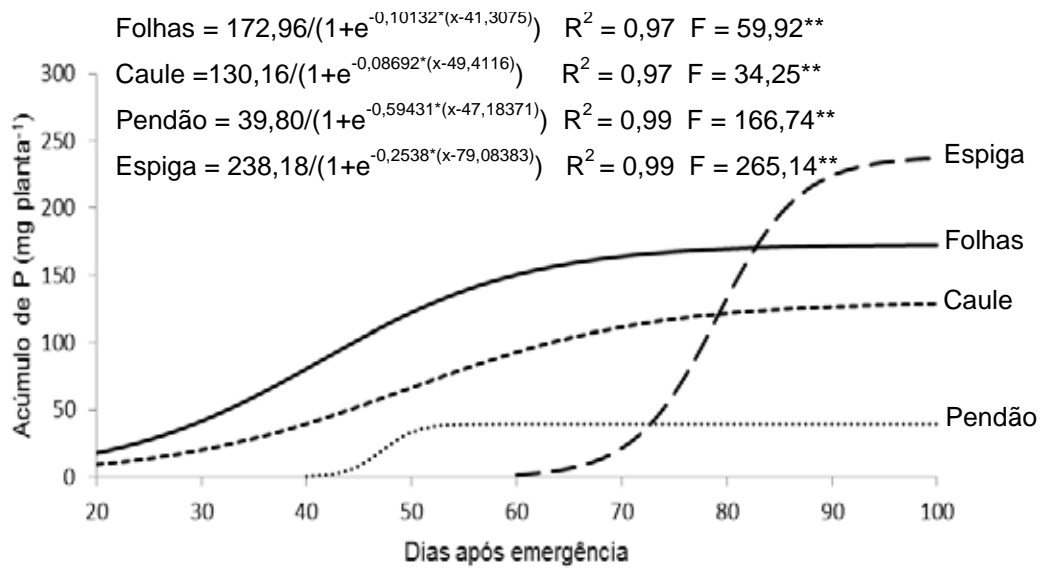
Raj et al. (1997) recomendam aplicação de N para o milho superdoce em duas coberturas, a primeira no estágio de 6 a 8 folhas totalmente desdobradas (20 a 25 dias após a emergência), e a segunda 15 a 20 dias após a primeira, épocas que coincidem com os períodos de maior requerimento encontrados neste trabalho.

4.2.2 Fósforo

No início do crescimento, até 30 DAE, a planta acumulou quantidades pequenas de fósforo (P) nas folhas e no caule, 41,7 e 20,3 mg planta⁻¹, respectivamente (Figura 3), o que correspondeu a 24 e 15,8% do total acumulado nas respectivas partes no fim do ciclo.

Verificou-se que a maior taxa de acúmulo de P nas folhas (3,6 mg planta⁻¹ dia⁻¹) ocorreu no período entre 30 a 60 DAE, o que coincidiu com o grande acúmulo de MS nas folhas. Nesse intervalo foi acumulado 108,64 mg planta⁻¹ de P, que correspondeu a 63% do total nas folhas. Nos períodos antecedente e subsequente, as taxas de acúmulo desse nutriente foram de 1,4 e 0,50 mg planta⁻¹ dia⁻¹, respectivamente (Figura 3).

Entre 30 e 70 DAE aconteceu o maior acúmulo de P no caule (91,2 mg planta⁻¹) com taxa de incremento correspondente a 2,3 mg planta⁻¹ dia⁻¹. Nesse período, foi acumulado 71% de todo P extraído pelo caule durante o ciclo do milho superdoce.



******significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 3. Acúmulo de fósforo nas folhas, no caule, no pendão e na espiga no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'.

A partir dos 60 DAE, para as folhas, e 70 DAE, para o caule, os acúmulos de P diminuíram demasiadamente, enquanto na espiga foi crescente até 90 DAE (Figura 3). Borin, Lana e Pereira (2010) verificaram que o acúmulo de P nas folhas e caule do milho superdoce, foi crescente até 63 DAE, e depois ocorreram decréscimos ocasionados pela redistribuição do P destas partes para a espiga.

Entre 70 e 90 DAE, período de maior acúmulo de P pela espiga, foi extraído 202,5 mg planta⁻¹ de P, correspondendo a 85,5% do total acumulado nesse órgão. Nesse intervalo foi verificado taxa de incremento de 10,12 mg planta⁻¹ dia⁻¹. Nos 10 dias finais houve estabilização no acúmulo de P na espiga (Figura 3).

No pendão, houve incremento no acúmulo de P até 50 DAE, estabilizando-se conforme avançou o ciclo do milho.

O total de P nas folhas, caule, pendão e fruto, ao final do ciclo, foi 172,5; 128,6; 39,8 e 237,0 mg planta⁻¹, respectivamente (Figura 3), totalizando 577,9 mg planta⁻¹. Desses, 41% de todo o P acumulado pelo milho superdoce é encontrado na espiga, seguida das folhas com 29%, no caule com 23% e no pendão com 7%.

A maior parte do P da planta acumulada na espiga se justifica porque o P é um nutriente muito requerido pelos grãos (MALAVOLTA, 2006). Portanto, apesar de ser pequena a quantidade requerida pela planta, a maior parte do P absorvido é

exportada, o que implica numa necessidade constante de reposição do nutriente no solo no cultivo do milho.

No trabalho de Maggio (2006), o acúmulo máximo de P foi de 1.361,1 mg planta⁻¹, aos 99 dias após o plantio na planta inteira. A parte vegetativa (folhas e colmo) representa 56,6% do P acumulado, contra 43% da parte reprodutiva (pendão e espiga). Heckman (2007) estudando o acúmulo de nutrientes no milho doce 'Senor', encontraram um acúmulo de 901,4 mg planta⁻¹ ao final do ciclo. Esses valores foram superiores ao do presente trabalho.

Esse grande acúmulo de fósforo no fruto deve-se segundo Stauffer e Sulewski (2004) a ligação do P aos processos metabólicos da planta e por ser móvel ficaria concentrado nas áreas mais ativas de crescimento, de forma que a maior parte do P absorvida é transferida para os grãos. Isso por que o P nos grãos está ligado aos compostos orgânicos de reserva como os fitatos. Os fitatos estão, presumivelmente, envolvidos na regulação da síntese de amido, durante o enchimento dos grãos (PRADO, 2008).

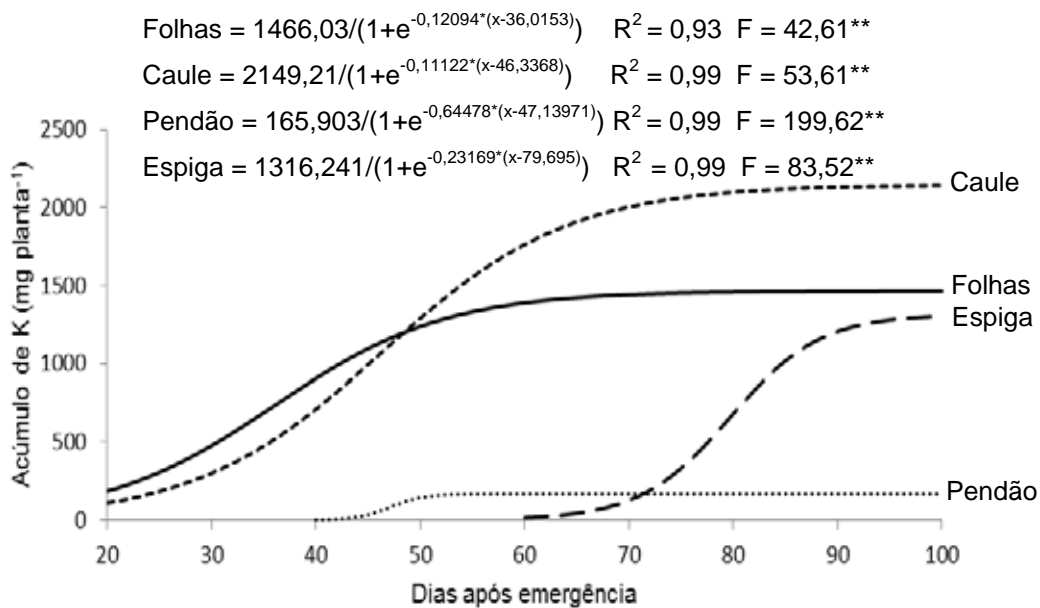
4.2.3 Potássio

Verificou-se elevada taxa de acúmulo de potássio (K) nos primeiros 30 a 50 dias de desenvolvimento, com um ritmo de absorção inclusive superior ao do N, sugere maior necessidade desse nutriente em relação ao N e P, como um elemento de "arranque" para o crescimento inicial. Esse resultado concorda com observações feitas por Arnon (1975) e Gamboa (1980).

No início do estágio vegetativo, as folhas apresentaram maior acúmulo de K do que os outros órgãos da planta (Figura 4). De 20 a 50 DAE, período representado por maiores incrementos de K nas folhas, foi acumulado 1.260,3 mg planta⁻¹ (86% do total acumulado nesse tecido) com taxa de 42,0 mg planta⁻¹ dia⁻¹. Após 50 DAE, a taxa de incremento foi de 4,1 mg planta⁻¹ dia⁻¹ e, a partir desse momento o acúmulo permaneceu praticamente constante e muito pequeno. Borin, Lana e Pereira (2010) observaram maior taxa de acúmulo de K até 45 DAE na parte vegetativa (folhas e colmo), em seguida observaram estabilização até o final do ciclo (81 DAE).

Com base nas taxas de acúmulo, constata-se que a demanda de K é elevada na fase inicial do desenvolvimento da planta de milho superdoce e, portanto, a aplicação de K deve acontecer no período inicial, entre 30 e 40 dias, conforme salienta Prado (2008). Raij et al. (1997) propõem que a aplicação do K em cobertura seja realizada até 25 e 30 dias após germinação, tendo baixa eficiência quando aplicado posteriormente.

O grande acúmulo de K no caule ocorreu dos 20 aos 60 DAE, período em que acumulou $1.763,4 \text{ mg planta}^{-1}$, ou seja, 82,2% do total acumulado nesse órgão, com incremento diário de $44 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Posteriormente, o incremento foi de $8,9 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. A partir dos 60 DAE, período em que a planta se encontrava em torno do estágio V_{16} , o acúmulo do K no caule estabilizou-se até o final do ciclo.



**significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 4. Acúmulo de potássio nas folhas, no caule, no pendão e na espiga no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'.

O acúmulo de K no caule foi superior ao das folhas, a partir dos 49 DAE, período caracterizado por elevado acúmulo de matéria seca no caule. Durante o ciclo da cultura o K foi mais acumulado nos caules, apresentando-se em quantidades muito maiores do que nos outros órgãos da planta (Figura 4).

O pendão apresentou maior acréscimo dos 45 aos 50 DAE, estabilizando-se logo após esse momento e mantendo-se constante até o final do ciclo.

A espiga apresentou acúmulo crescente entre 70 e 90 DAE ($1.079,6 \text{ mg planta}^{-1}$), representando 82,8% do total acumulado ao final do ciclo nesse órgão (Figura 4). A taxa diária, nesse período, foi de $36,0 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, inferior ao observado na folha e caule. Portanto, pode-se propor que diferentemente do observado para N, a maior demanda de K pela planta de milho superdoce ocorreu de 20 a 60 DAE.

O total de K acumulado pelo milho superdoce, no final do ciclo, nas folhas, caule, pendão e espiga foram 1.465,4; 2.143,7; 165,9 e $1.304,4 \text{ mg planta}^{-1}$, respectivamente, totalizando $5.079,4 \text{ mg planta}^{-1}$. Essas quantidades correspondem a 42,2% de todo o K acumulado no caule da planta, seguido de 28,9% nas folhas, 3,2% no pendão e 25,7% na espiga. Coelho e Gonçalo (2004) reportaram de 20% a 30% do K presente na espiga. Hart et al. (2010), em cultivo do híbrido Oregon, observaram 40% do K acumulado no caule, 35% nas folhas e 25% na espiga.

O K foi acumulado em maior quantidade pela cultura ao final do ciclo, corroborando os resultados obtidos por Borin, Lana e Pereira (2010), Maggio (2006), Heckman (2007) e Hart et al. (2010). No entanto, a quantidade de K acumulada ($7.334,9 \text{ mg planta}^{-1}$) pelo híbrido de milho superdoce, no verão, verificada por Maggio (2006), como também por Heckman (2007) de $8.400,0 \text{ mg planta}^{-1}$, foram superiores ao valor encontrado no presente trabalho ($5.079,4 \text{ mg planta}^{-1}$).

A alta demanda de K na planta ocorre devido à necessidade de manter alta a concentração do nutriente no citosol, para garantir ótima atividade enzimática (MARSCHNER, 1995), e no estroma dos cloroplastos, para neutralizar ânions e manter o pH próximo a 8,0, condição importante para ativação da enzima ribulose 1-5 bifosfato, fundamental para a fotossíntese (MENGEL, 2007).

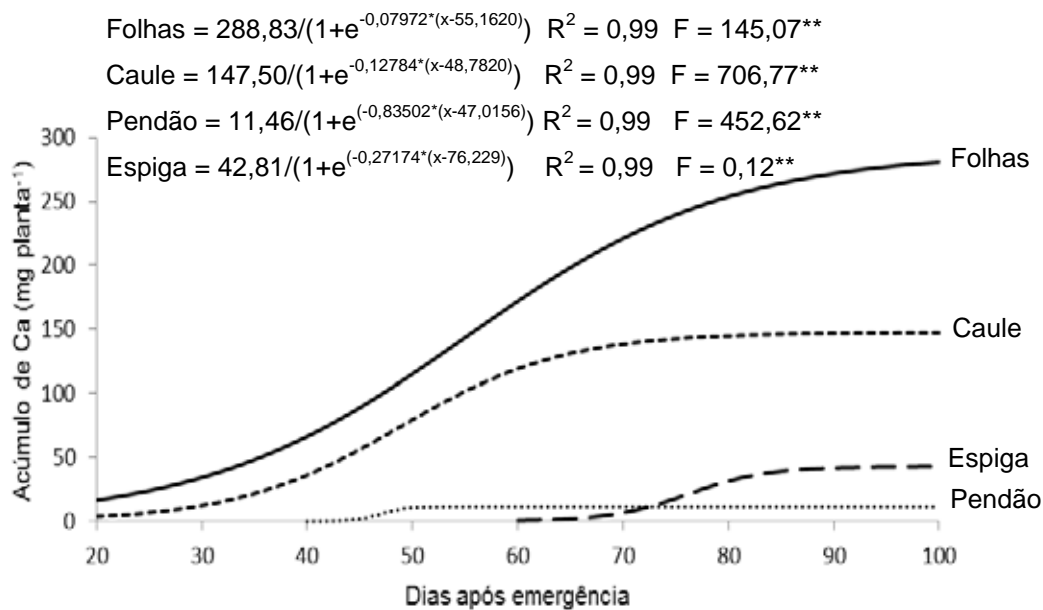
4.2.4 Cálcio

Durante todo o ciclo, no estágio vegetativo e reprodutivo, ocorreu maior acúmulo de cálcio (Ca) nas folhas em relação às outras partes da planta (Figura 5).

O acúmulo de Ca pelas folhas ocorreu até o final do ciclo, mas em especial no período de 30 a 80 DAE, quando se verificou maior incremento, 219,6 mg planta⁻¹ (Figura 5), ou seja, 78,2% do total acumulado de Ca nas folhas, com acúmulo médio diário de 4,4 mg planta⁻¹ dia⁻¹. No período anterior, a taxa foi de 1,5 mg planta⁻¹ dia⁻¹ e no posterior de 1,2 mg planta⁻¹ dia⁻¹.

O caule foi o segundo órgão que acumulou mais Ca, porém em período mais curto do que o verificado para as folhas, entre 30 e 60 DAE, no qual foram acumulados 97,5 mg planta⁻¹, com incremento de 3,9 mg planta⁻¹ dia⁻¹. Nesse intervalo, foram acumulados 66,2% do total do caule (Figura 5). Após 60 DAE o acúmulo de Ca no caule permaneceu constante até o final do ciclo.

No pendão, o acúmulo da Ca foi desprezível em relação ao total acumulado pela planta, cerca de 2,3%.



**significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 5. Acúmulo de cálcio nas folhas, no caule, no pendão e na espiga no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'.

Na espiga também houve pequeno acúmulo de Ca, com maior taxa de incremento verificado dos 70 aos 80 DAE (2,5 mg planta⁻¹ dia⁻¹), enquanto no período anterior a taxa foi de 0,5 mg planta⁻¹ dia⁻¹ e posteriormente de 0,56 mg planta⁻¹ dia⁻¹. Até os 80 DAE, na espiga haviam 11,5 mg planta⁻¹, valor próximo ao

encontrado por Borin, Lana e Pereira (2010), 10,1 mg planta⁻¹ de Ca na espiga do milho superdoce 'Tropical'. Aos 73 DAE, período caracterizado como R₁ (florescimento feminino), a planta tinha acumulado 397,0 mg planta⁻¹ de Ca, valor inferior ao encontrado por Maggio (2006) de 424,0 mg planta⁻¹.

No final do ciclo, os acúmulos de Ca nas folhas, caule, pendão e espiga foram de 281,0; 147,3; 11,5 e 42,7 mg planta⁻¹, respectivamente, totalizando 482,5 mg planta⁻¹, e corresponderam a 58,3; 30,5; 2,4 e 8,8% do total acumulado pela planta.

Maggio (2006), identificou acúmulo de Ca no milho superdoce 'Tropical' de 795,4 mg planta⁻¹ na parte aérea, quantidade maior ao obtido neste trabalho com 'GSS 41243'. Por outro lado, verificou que a parte vegetativa (folhas e colmo) acumulou 85% do Ca e a parte reprodutiva (pendão e espiga) 15% do Ca, partição semelhante à encontrada no presente trabalho. Heckman (2007), com o híbrido Senor, encontrou acúmulo de 1.386,1 mg planta⁻¹ de Ca.

A quantidade alocada na espiga, observada no presente estudo, foi semelhante à encontrada por Borin, Lana e Pereira (2010), cerca de 8%, valores que são inferiores à faixa citada por Coelho e Gonçalo (2004), de cerca de 10% a 15% do Ca, como normalmente presentes nesta parte da planta.

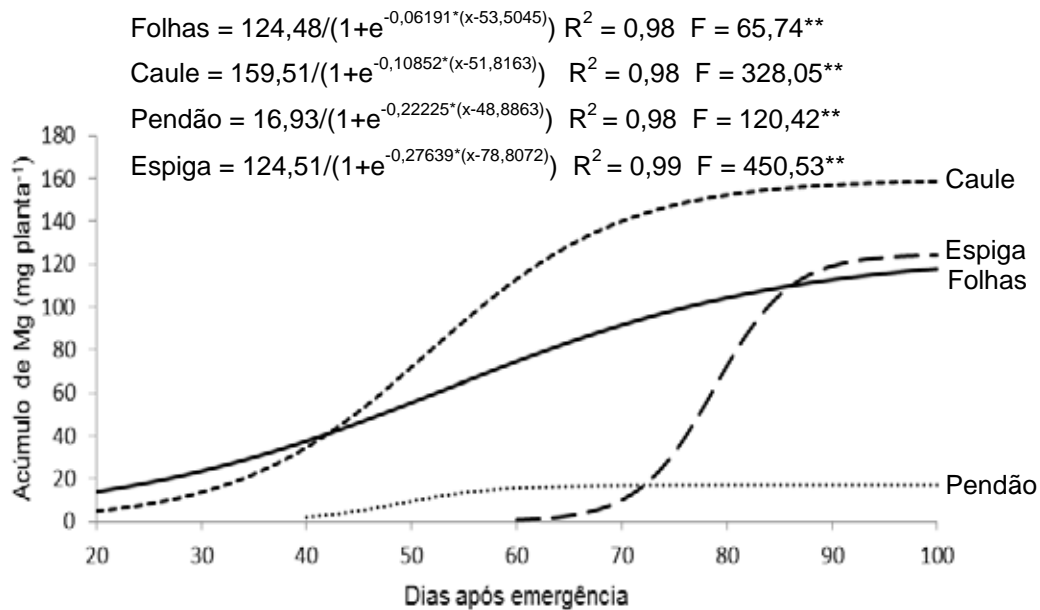
O cálcio está mais acumulado nas folhas do que no caule e espiga por ser um elemento de baixa mobilidade na planta, haja vista a maior parte do Ca encontrar-se na forma de pectatos de cálcio, constituindo a lamela média das paredes celulares. Além disso, o Ca nas plantas se encontra na forma de sais cálcicos de baixa solubilidade (PRADO, 2008).

4.2.5 Magnésio

A maior demanda de magnésio (Mg) ocorreu no período entre 60 e 75 DAE, correspondendo ao final do estágio vegetativo e início do estágio reprodutivo, quando também se verificou elevado incremento de MS nas folhas e caule (Figura 6).

Maior acúmulo de Mg nas folhas (90,4 mg planta⁻¹), ocorreu no período entre 20 e 80 DAE (Figura 6), e correspondeu a 76,7% do total acumulado pelas folhas

durante todo o ciclo. Constatou-se nesse intervalo incremento de $1,5 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.



**significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 6. Acúmulo de magnésio nas folhas, no caule, no pendão e na espiga no decorrer do ciclo do milho superdoce ‘GSS 41243’.

O grande acúmulo de Mg nas folhas pode ser explicado pela participação do nutriente na estrutura da clorofila, que corresponde a cerca de 10% do total de Mg nas folhas (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Outra importante função do Mg e que explica sua concentração na folha é a de ativador enzimático (MERHAUT, 2007). Aos 43 DAE, pouco após o aparecimento do pendão, o acúmulo de Mg no caule superou o de folhas.

No caule, o maior incremento ocorreu de 35 aos 73 DAE ($117,9 \text{ mg planta}^{-1}$), com um acúmulo de $3,4 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de Mg, enquanto nos períodos precedente e posterior as taxas foram de $1,0$ e $0,6 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente (Figura 6).

A desaceleração no acúmulo de Mg no caule ocorreu a partir de 73 DAE, momento em que se observou o estágio R_1 (florescimento feminino). A partir dessa época foi crescente o acúmulo de Mg na espiga, visto que era o principal dreno da planta no momento.

A espiga apresentou rápido incremento de Mg entre 70 e 85 DAE ($95,4 \text{ mg planta}^{-1}$), correspondendo a 77% do total acumulado pelo fruto (Figura 6), com taxa

diária de acúmulo de $6,4 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Após os 85 DAE, houve desaceleração no crescimento e verificou-se incremento médio de $0,77 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

A inflorescência masculina teve maior acúmulo dos 40 aos 55 DAE, estabilizando-se logo após esse momento e mantendo-se constante até o final do ciclo.

O pico de acúmulo de Mg na planta ocorreu aos 100 DAE, com $417,3 \text{ mg planta}^{-1}$. O acúmulo máximo de Mg encontrado por Maggio (2006) foi de $584,9 \text{ mg planta}^{-1}$ na planta inteira, valor superior ao do presente trabalho e ao encontrado por Borin, Lana e Pereira (2010), $474,0 \text{ mg planta}^{-1}$; no entanto, inferior ao encontrado por Heckman (2007), $914,2 \text{ mg planta}^{-1}$.

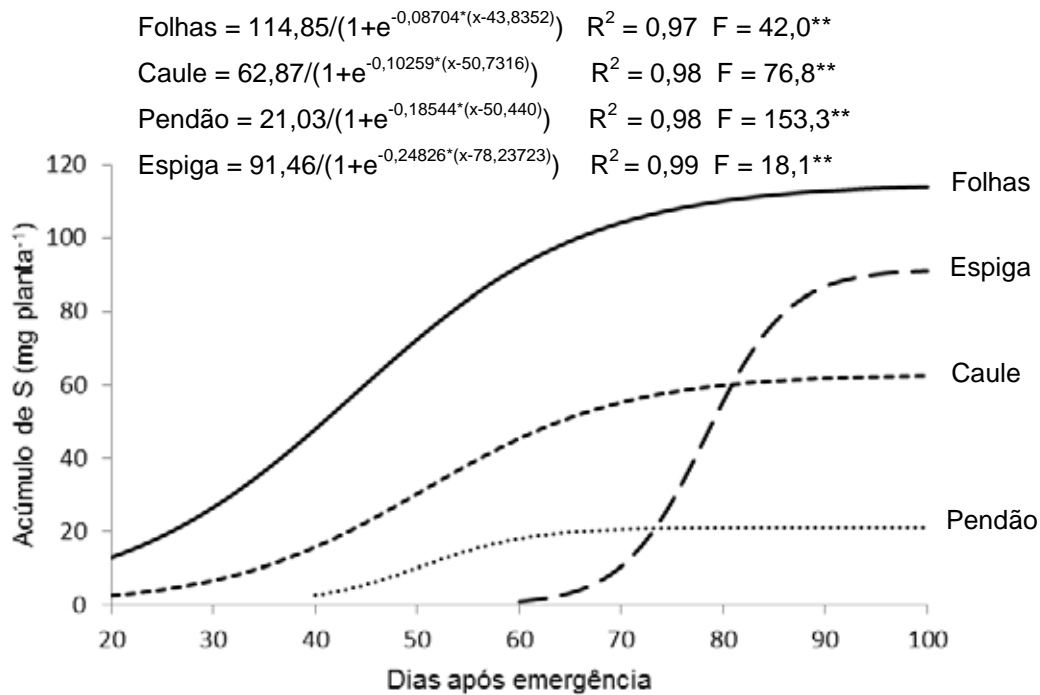
No final do ciclo, os acúmulos de Mg nas folhas, caule pendão e espiga foram de 117,9; 158,5; 16,9 e $124,0 \text{ mg planta}^{-1}$, respectivamente, totalizando $417,3 \text{ mg planta}^{-1}$ de Mg. As folhas, caule, espiga e pendão corresponderam a 28,2; 38,0; 29,7 e 4,1%, respectivamente, do total acumulado de Mg pela planta.

4.2.6 Enxofre

As curvas de acúmulo de enxofre (S) durante o ciclo da cultura do milho superdoce se assemelham às curvas de acúmulo do N, porém, com menores quantidades acumuladas. Durante todo o ciclo da cultura, o S foi mais acumulado nas folhas, apresentando-se em quantidades muito maiores do que nos outros órgãos da planta (Figura 7).

Maior acúmulo de S nas folhas ocorreu no período compreendido entre 30 e 70 DAE, $80,5 \text{ mg planta}^{-1}$, equivalendo a 70,6% do total acumulado por esse tecido durante todo o ciclo. O incremento constatado nesse período foi de $2,68 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, sendo que posteriormente a taxa de acúmulo diminuiu para $0,4 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, mostrando estabilização até o final do ciclo.

No caule, o maior aumento de S ocorreu de 35 até 70 DAE ($40,6 \text{ mg planta}^{-1}$), sendo 65% do total acumulado nessa parte da planta. Durante esse intervalo houve acúmulo diário de $1,16 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de S, enquanto nos períodos anterior e posterior as taxas foram de 0,5 e $0,2 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente.



**significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 7. Acúmulo de enxofre nas folhas, no caule, no pendão e na espiga no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'.

A partir dos 70 DAE, o acúmulo de S nas folhas e no caule apresentaram estabilização, enquanto foi crescente na espiga.

O pendão apresentou maior acréscimo de S dos 45 aos 60 DAE, com posterior estabilização até o final do ciclo.

Na espiga, observou-se acúmulo acelerado de S entre 70 e 90 DAE, com valor de 76,3 mg planta⁻¹, equivalendo a 84% do total acumulado pelo fruto (Figura 7), com taxa diária de acúmulo de 3,8 mg planta⁻¹ dia⁻¹. A partir de 90 DAE a taxa de acúmulo de S reduziu-se para 0,3 mg planta⁻¹ dia⁻¹ até o final do ciclo.

No presente estudo, ao fim do ciclo, o acúmulo de S nas folhas, caule, pendão e espiga foram 114,0; 62,5; 21,0 e 91,0 mg planta⁻¹, respectivamente (Figura 7), com valor total de 288,5 mg planta⁻¹. Desse total, 40% esteve presente nas folhas, seguido da espiga com 31,5%, do caule com 21,5% e do pendão com 7%.

O acúmulo máximo máximos de S verificados por Maggio (2006) e Heckman (2007) foram de 586,2 mg planta⁻¹ e 774,8 mg planta⁻¹, respectivamente, valores superiores ao deste trabalho (288,5 mg planta⁻¹). Sendo a maior parte do S

acumulada na parte vegetativa (folha e caule), 52,2%. Borin, Lana e Pereira (2010) encontraram maior valor de S acumulado no milho superdoce de 199,0 mg planta⁻¹.

O período de maior demanda de S pelo milho superdoce ocorreu entre 30 e 90 DAE, período que coincidiu com o maior requerimento de N pela planta. Apesar de ser o macronutriente com menor quantidade acumulado pelo milho superdoce, o S é de fundamental importância no metabolismo vegetal, pois faz parte de aminoácidos essenciais que entram na composição de todas as proteínas, tendo função estrutural. Participa ainda, como componente de grupo ativo de complexo enzimático (PRADO, 2008). Desse modo, encontra-se envolvido em diversas reações metabólicas na planta, o que pode explicar esse nutriente ser acumulado em maior quantidade pelas folhas, que é o grande centro metabólico da planta e necessita do S para executar as reações.

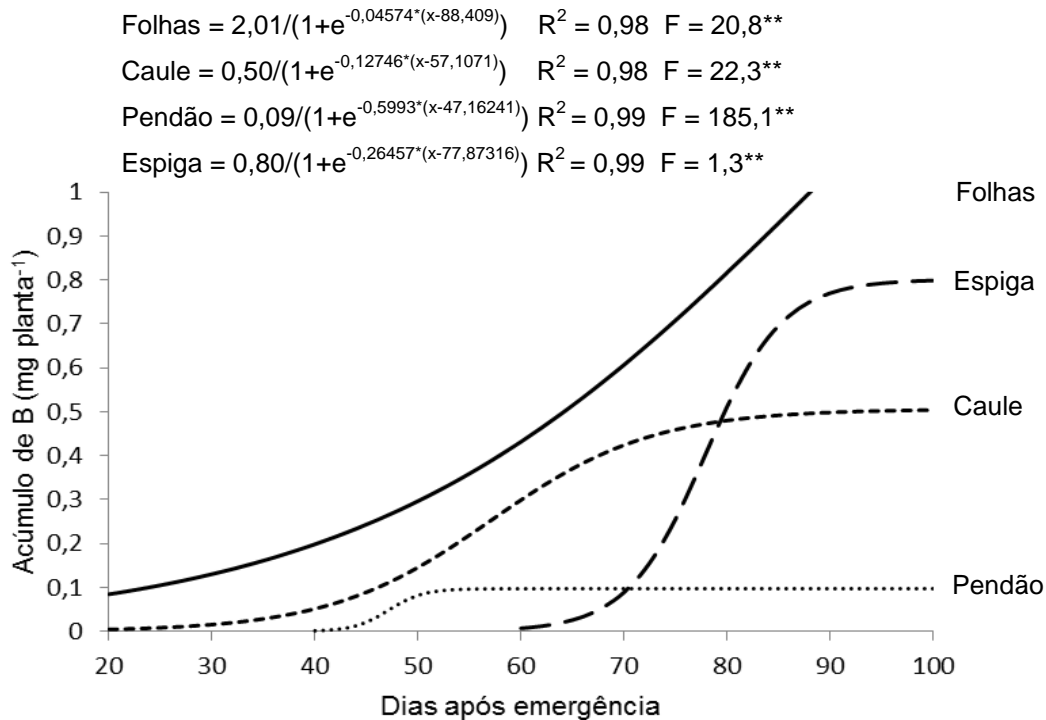
4.2.7 Boro

Durante todo o ciclo, ocorreu maior acúmulo de boro (B) nas folhas em relação às outras partes da planta (Figura 8). Isso pode ser devido a sua restrita mobilidade no floema, praticamente não sendo redistribuído nas plantas. Isso pode estar relacionado as suas funções na planta, que estão relacionadas com a estrutura da parede celular e com substâncias pécticas associadas a elas (PRADO, 2008).

O acúmulo de B nas folhas foi crescente em todo ciclo da cultura, com uma taxa de incremento de 0,012 mg planta⁻¹ dia⁻¹. O B e o Zn constituem os micronutrientes que mais limitam a produção das culturas no Brasil (PRADO, 2008).

No caule, o acúmulo de B foi muito pequena até os 40 DAE, período em que a taxa de acúmulo foi de 0,002 mg planta⁻¹ dia⁻¹. No entanto, dos 40 aos 70 DAE, ocorreu um maior incremento (Figura 8), 0,37 mg planta⁻¹, ou seja, 70,4% do total acumulado de B no caule, com taxa de acúmulo médio de 0,012 mg planta⁻¹ dia⁻¹. No período posterior a 70 DAE diminuiu o incremento diário para 0,002 mg planta⁻¹ dia⁻¹, permanecendo praticamente constante até o final do ciclo.

Constatou-se pequeno acúmulo de B na inflorescência masculina, sendo o período entre 45 e 50 DAE o de acúmulo crescente, estabilizando-se logo após até o final do ciclo.



**significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

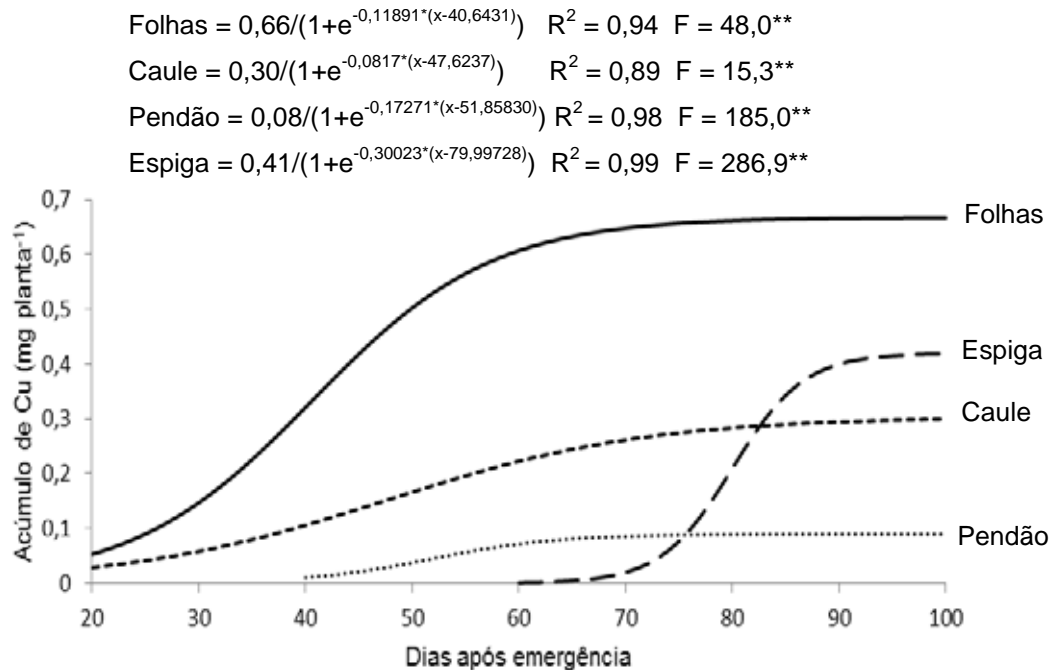
Figura 8. Acúmulo de boro nas folhas, no caule, no pendão e na espiga no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'.

Na espiga foi verificado taxa de acúmulo de $0,04 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de B, que correspondeu ao período de maior acúmulo desse nutriente (de 70 a 85 DAE), e cujo valor foi de $0,60 \text{ mg planta}^{-1}$, representando 75% do total acumulado na espiga. A partir dos 85 DAE o acúmulo do B no fruto estabilizou-se até o final das coletas.

Ao final do ciclo, o acúmulo total de B foi de $2,67 \text{ mg planta}^{-1}$, sendo $1,27 \text{ mg planta}^{-1}$ nas folhas, $0,50 \text{ mg planta}^{-1}$ no caule, $0,1 \text{ mg planta}^{-1}$ no pendão e $0,80 \text{ mg planta}^{-1}$ na espiga, quantidades que corresponderam a 47,6; 18,7; 3,7 e 30,0% para folha, caule, pendão e espiga, respectivamente, do total acumulado pela planta. Valor superior foi encontrado por Maggio (2006) que verificou que o acúmulo máximo de B foi de $3,69 \text{ mg planta}^{-1}$ ao fim do ciclo. A parte vegetativa da planta foi corresponde mais se acumulou B com 55,0% do boro acumulado.

4.2.8 Cobre

Durante todo o ciclo da cultura, assim como verificado para o B, o cobre (Cu) foi mais acumulado nas folhas, apresentando-se em quantidades muito maiores que nos outros órgãos da planta (Figura 9).



**significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 9. Acúmulo de cobre nas folhas, no caule, no pendão e na espiga no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'.

Nas folhas foi verificado maior acúmulo de Cu ($0,51 \text{ mg planta}^{-1}$) no período de 25 a 60 DAE, equivalendo a 76,5% do total acumulado por esse tecido durante todo o ciclo do cultivo. O incremento nesse intervalo foi de $0,014 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Após 60 DAE o incremento diário diminuiu para $0,0014 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, estabilizando-se posteriormente até a última coleta.

Entre 35 e 70 DAE ocorreram os maiores acréscimos no caule, $0,0053 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, sendo que nesse período foram acumulados 62% ($0,185 \text{ mg planta}^{-1}$) do total acumulado por essa parte da planta.

O pendão apresentou maior acúmulo de Cu de 45 a 60 DAE, com incremento de $0,0033 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. A taxa de acúmulo que aconteceu após 60 DAE foi muito baixo ($0,0004 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), estabilizando-se logo até o final do ciclo.

Na espiga, o Cu teve acúmulo inicial pequeno, seguidamente apresentou-se maior entre 75 e 85 DAE ($0,26 \text{ mg planta}^{-1}$), a qual representou 63% do total acumulado por esse parte da planta (Figura 9). Nesse período a taxa diária de acúmulo de Cu que foi de $0,026 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, diminuiu para $0,0035 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, após 85 DAE, com posterior estabilização até o final do ciclo. Aos 82 DAE, a quantidade de Cu na espiga superou a quantidade presente no caule.

O acúmulo de Cu total, nas folhas, caule, pendão e espiga foram 1,48; 0,677; 0,301; 0,09 e $0,420 \text{ mg planta}^{-1}$, respectivamente (Figura 9). De todo o Cu extraído pelo milho superdoce, as folhas acumularam 45%, seguido da espiga (30%), caule (20%) e pendão (5%).

O acúmulo máximo de Cu na cultura do milho doce encontrado por Maggio (2006) de $1,48 \text{ mg planta}^{-1}$ foi a mesma encontrada neste trabalho. Por outro lado, do total na planta a quantidade alocada na parte vegetativa (folhas e colmo), 65%, foi um pouco menor do que a observada por Maggio (2006) (77,8%).

O maior acúmulo do Cu nas folhas está relacionado à função que desempenha nos cloroplastos, sendo mais da metade da quantidade ligada a plastocianina (doador de elétrons para o fotossistema I) (PRADO, 2008).

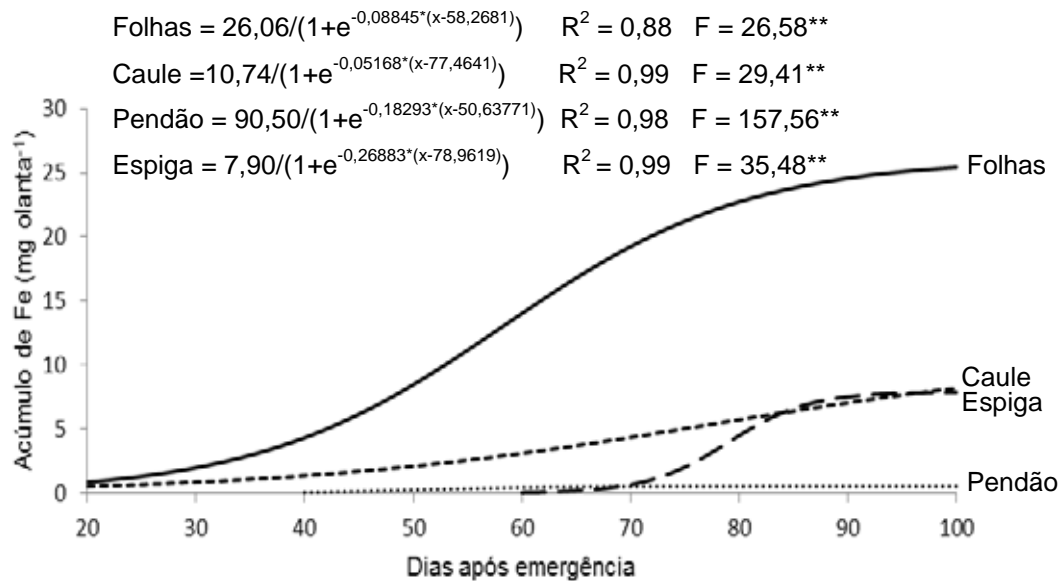
4.2.9 Ferro

No início do crescimento, até 40 DAE, a planta acumulou quantidades pequenas de ferro (Fe) nas folhas, $4,32 \text{ mg planta}^{-1}$, com taxa de acúmulo de $0,26 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (Figura 10). No entanto, após os 40 DAE, houve um grande acúmulo nas folhas apresentando quantidades acumuladas muito maiores quando comparadas às de outros órgãos da planta.

A maior taxa de acúmulo de Fe nas folhas ($3,6 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) ocorreu no período entre 40 e 85 DAE, acumulando 77% ($19,5 \text{ mg planta}^{-1}$) do total das folhas.

O acúmulo de Fe no caule mostrou-se pequeno desde 20 DAE, no entanto, maiores acúmulos foram observados a partir dos 60 DAE até 100 DAE. Nesse

período, a taxa de acúmulo foi de $0,13 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, enquanto no período anterior essa taxa foi de $0,06 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.



**significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 10. Acúmulo de ferro nas folhas, no caule, no pendão e na espiga no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'.

No pendão, o acúmulo de Fe foi pequeno durante todo o ciclo do milho superdoce, sendo que houve um ligeiro aumento até os 50 DAE, estabilizando-se posteriormente.

O período de maior acúmulo de Fe na espiga foi de 70 a 85 DAE, acumulando 49% ($3,85 \text{ mg planta}^{-1}$) do total nessa parte da planta, com taxa de incremento de $0,25 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. A partir de 85 DAE, houve estabilização no acúmulo de Fe, com taxa de incremento de $0,08 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

O total de Fe acumulado pelo milho superdoce foi $42,0 \text{ mg planta}^{-1}$ de Fe, sendo distribuídos da seguinte forma: 60,5% nas folhas ($25,4 \text{ mg planta}^{-1}$); 19,5% no caule ($8,2 \text{ mg planta}^{-1}$); 18,8% na espiga ($7,9 \text{ mg planta}^{-1}$) e 1,2% no pendão ($0,50 \text{ mg planta}^{-1}$). Maggio (2006) encontrou $99,25 \text{ mg planta}^{-1}$ de Fe, sendo 71,0% nas partes vegetativas (folhas e caule), inferior ao do presente estudo (80%). A maior quantidade de Fe nas folhas é justificada por Prado (2008), devido ao nutriente estar em cerca de 80% nos cloroplastos, como fitoferritina (proteína de reserva), além de ser importante na biossíntese de clorofila e proteínas.

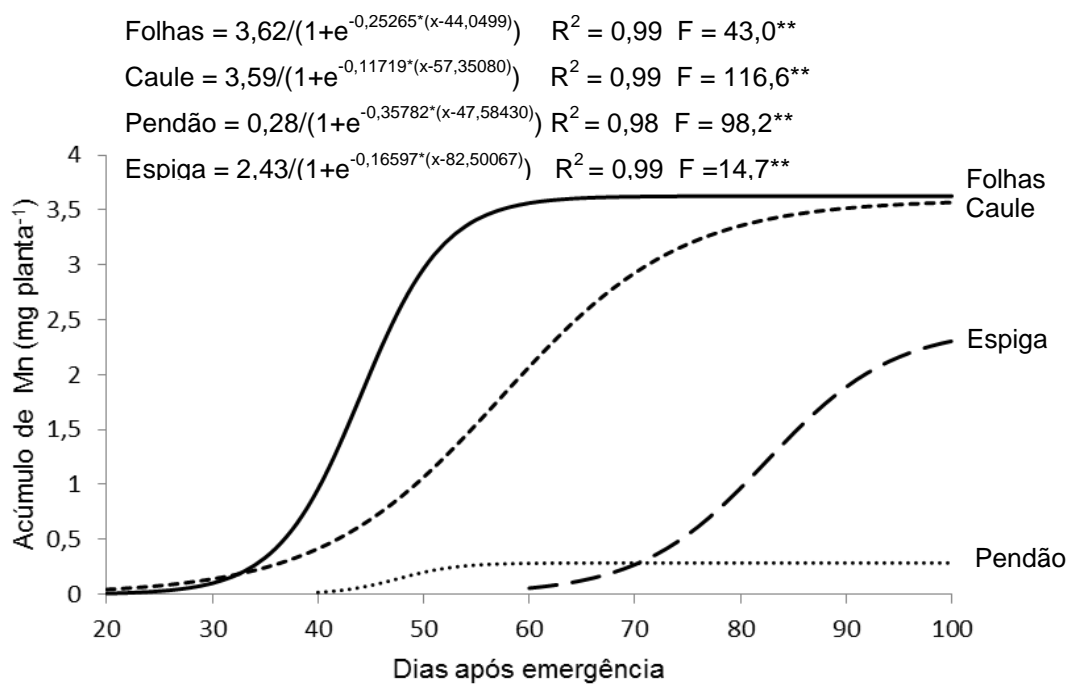
4.2.10 Manganês

No início do crescimento, até 30 DAE, a planta de milho superdoce apresentou pequeno acúmulo de manganês (Mn) nas folhas e no caule (Figura 11).

Nas folhas, a maior taxa de acúmulo de Mn ocorreu entre 30 e 55 DAE, acumulando nesse intervalo 91,4% (3,3 mg planta⁻¹) do total nas folhas.

No caule, o incremento no acúmulo de Mn se mostrou presente em maior período, de 35 a 75 DAE (3,05 mg planta⁻¹), com taxa de 0,067 mg planta⁻¹ dia⁻¹. Nos períodos anterior e posterior a esse intervalo, as taxas de incremento de Mn diminuíram para 0,012 e 0,014 mg planta⁻¹ dia⁻¹, respectivamente.

O acúmulo de Mn pelo pendão foi pequeno e apresentou-se maior na faixa de tempo entre 45 e 50 DAE (0,12 mg planta⁻¹), estabilizando-se e mantendo-se constante até o final do ciclo.



**significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 11. Acúmulo de manganês nas folhas, no caule, no pendão e na espiga no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'.

Aos 70 DAE, período em que se iniciou o florescimento (R_1), Maggio (2006) verificou que a planta acumulou $23,0 \text{ mg planta}^{-1}$ de Mn contra $7,22 \text{ mg planta}^{-1}$ encontrado nesse trabalho.

Entre 75 aos 90 DAE houve maior acúmulo de Mn pela espiga, sendo acumulado $1,34 \text{ mg planta}^{-1}$, e que correspondeu a 58,3% do total nesse órgão. O incremento desse nutriente durante essa faixa de tempo foi de $0,09 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Em seguida, após 90 DAE a taxa de incremento foi de $0,04 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

No final do ciclo, a distribuição na acumulação total de Mn no milho superdoce foi de 37% (folhas), 36,7% (caule), 2,8% (pendão) e 23,5% (espiga) e corresponderam a 3,6; 3,6; 0,3 e 2,3 mg planta^{-1} , respectivamente, totalizando $9,8 \text{ mg planta}^{-1}$.

O acúmulo máximo de Mn observado no estudo de Maggio (2006) foi muito superior ao deste trabalho com valor de $24,2 \text{ mg planta}^{-1}$.

4.2.11 Zinco

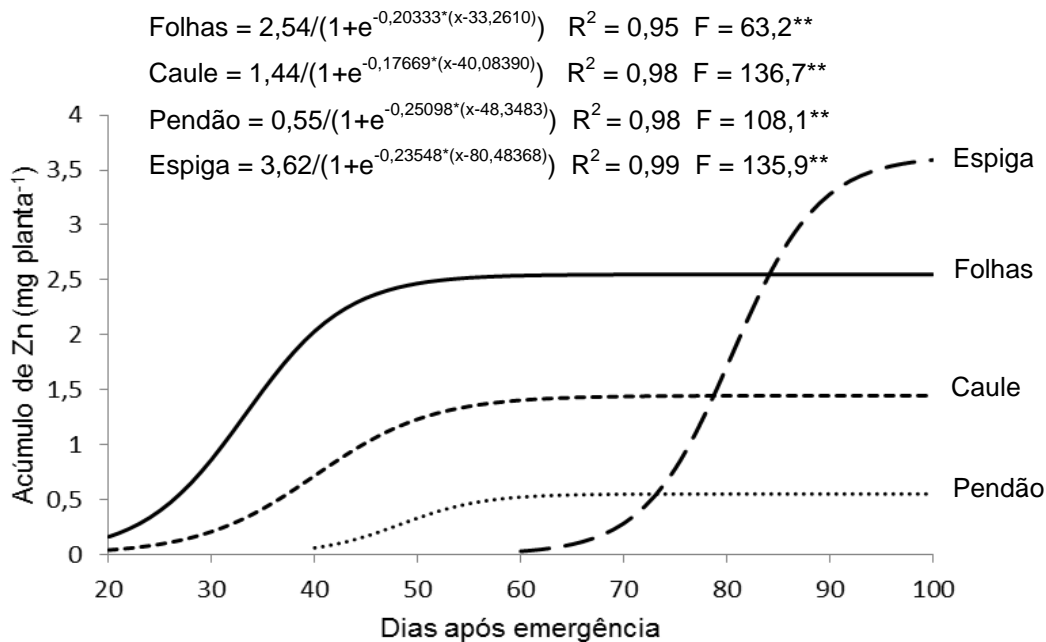
O período em que aconteceu maior acúmulo ($1,63 \text{ mg planta}^{-1}$) de zinco (Zn) nas folhas foi de 25 a 40 DAE. O valor acumulado nesse período representou 64% do total nesse tecido, assim também a taxa verificada foi de $0,108 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Depois de 40 DAE, o acúmulo diário foi de $0,0073 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, mostrando uma estabilização até o final do ciclo (Figura 12).

No caule, o maior acréscimo ocorreu de 35 a 50 DAE ($0,82 \text{ mg planta}^{-1}$), equivalendo a 57% do total acumulado por essa parte do milho superdoce, sendo que o acúmulo diário verificado foi de $0,054 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de Zn. Por outro lado, nos períodos anterior e posterior a esse intervalo as taxas observadas foram menores, com valores iguais a $0,022$ e $0,0036 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente.

A desaceleração no acúmulo de Zn das folhas, ocorrido a partir de 40 DAE, foi diferente a do caule, acontecendo esse fato somente a partir de 50 DAE, visto a remobilização desse nutriente para a espiga que se tornou o principal dreno da planta (Figura 12).

O pendão apresentou maior acúmulo de Zn ($0,32 \text{ mg planta}^{-1}$) dos 45 aos 55 DAE, com incremento diário de $0,04 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Após esse intervalo, a taxa de

acúmulo caiu para $0,0015 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, permanecendo estável até o final do ciclo.



**significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 12. Acúmulo de zinco nas folhas, no caule, no pendão e na espiga no decorrer do ciclo do milho superdoce 'GSS 41243'.

Constatou-se acúmulo crescente de Zn na espiga entre 70 e 90 DAE, com valor de $2,99 \text{ mg planta}^{-1}$, e equivalendo a 83,3 % do total acumulado nesse órgão da planta. A taxa diária de acúmulo que nesse intervalo foi de $0,15 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, se reduziu para $0,027 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, após 90 DAE.

Contrariando os dados anteriores o máximo acúmulo de Zn no milho superdoce estudado por Maggio (2006) foi menor quando comparado a este trabalho, $6,3 \text{ mg planta}^{-1}$ e $8,55 \text{ mg planta}^{-1}$, respectivamente.

No final do ciclo, o milho superdoce acumulou nas folhas, caule, pendão e espiga $2,55$; $1,45$; $0,55$ e $4,0 \text{ mg planta}^{-1}$ de Zn, respectivamente, totalizando $8,55 \text{ mg planta}^{-1}$. Os valores de acúmulo de Zn entre as diversas partes da planta representaram 30% (folhas); 17% (caule), 6,5% (pendão) e 46,5% (espiga) do total.

O elevado acúmulo de Zn na espiga em comparação aos outros órgãos pode ser explicado pela relação desse nutriente com a síntese do aminoácido triptofano, que é um precursor da biossíntese de AIA (ácido indolil-acético), um fitormônio que

tem como função principal regular o alongamento das células e o crescimento das plantas (HANEKLAUS et al., 2007). Outra relação do Zn com o crescimento das plantas é descrito por Prado (2008), que cita o Zn como componente de proteínas ativas envolvidas na transcrição de DNA, como também por ser elemento constituinte do ribossoma, local onde acontece a síntese proteica.

4.3 Acumulação total e exportação

De modo geral, os acúmulos de macro e micronutrientes no decorrer do ciclo apresentaram ajustes significativos ao modelo logístico, que foi caracterizado por um período inicial de pequeno acúmulo, seguido de grande acúmulo do nutriente e finalizado por período de estabilização na quantidade acumulada. As marchas de acúmulo dos nutrientes, descritas conforme as equações seguiram as marchas de acúmulo de matéria seca das partes da planta. Por outro lado, foram observadas diferenças entre os nutrientes acumulados na parte aérea, o que é explicado pela função, demanda e mobilidade do nutriente na planta. Também, períodos de maiores demandas diferiram entre os nutrientes.

Considerando-se a população de 80.000 plantas por hectare, as quantidades acumuladas pela parte aérea aos 100 DAE (estádio R₃) foram 306,8; 46,2; 406,3; 39,0; 33,4 e 23,1 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, e de 213,6; 118,4; 3.360,0; 784,0 e 684,0 g ha⁻¹ de B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente.

A extração de nutrientes pela parte aérea do milho superdoce obedeceu a seguinte ordem: K > N > P > Ca > Mg > S > Fe > Mn > Zn > B > Cu. Essa ordem de acúmulo de nutrientes segue a mesma verificada por Maggio (2006), no mesmo sistema de cultivo, trabalhando com o milho superdoce 'Tropical'. No entanto, para os macronutrientes, difere dos resultados encontrados por Borin, Lana e Pereira (2010), que observaram a seguinte ordem de acúmulo pela planta de milho superdoce híbrido Tropical: K > N > Mg > P > Ca > S. A extração total de macronutrientes verificados por esses autores na parte aérea do milho superdoce, em kg ha⁻¹ foram de, 123,05; 18,86; 126,15; 25,73; 13,24 e 10,79 para N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente.

As exportações de macronutrientes pelas espigas de milho superdoce foram 103,0 kg ha⁻¹ de N; 19,0 kg ha⁻¹ de P; 104,5 kg ha⁻¹ de K; 3,4 kg ha⁻¹ de Ca; 9,9 kg ha⁻¹ de Mg e 7,3 kg ha⁻¹ de S, e de micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn foram 64,0; 33,6; 632,0; 184,0 e 320,0 g ha⁻¹, respectivamente.

5 CONCLUSÕES

Ao final do ciclo de cultivo foi acumulado pela cultura do milho superdoce 'GSS 41243' 21,5 t ha⁻¹ desse total, 8.408,0 (39%) representou o acúmulo de MS na espiga.

A extração total de nutrientes pela cultura foram 306,8; 46,2; 406,3; 39,0; 33,4 e 23,1kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, e de 213,6; 118,4; 3.360,0; 784,0 e 684,0 g ha⁻¹ de B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente.

A ordem decrescente de acúmulo de nutrientes pelo milho superdoce foi: K > N > P > Ca > Mg > S > Fe > Mn > Zn > B > Cu.

A maior demanda de nutrientes pelo milho superdoce aconteceu entre 30 e 60 DAE (V₇ e V₁₆), período no qual a adubação deve ser parcelada.

Os nutrientes N, Ca, S, B, Cu, Fe e Mn se acumularam mais nas folhas em comparação aos outros órgãos da planta. O P e o Zn se acumularam mais na espiga, já o Mg e K se acumularam em maior quantidade no caule.

Em termos percentuais as quantidades dos nutrientes exportados em relação ao total foram 33% de N; 41% de P; 25% de K; 8,8% de Ca; 29,7% de Mg; 31% de S; 30% de B; 30% de Cu; 18% de Fe; 23% de Mn e 46% de Zn.

6 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; PINHO, R. G. V.; BORGES, I. D.; SOUZA FILHO, A. X.; FIORINI, I. V. A. Desempenho de híbridos experimentais e comerciais de milho para produção de milho verde. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 768-775, 2008.

ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Bern: International Potash Institute, 1975, p.452.

BARKER, A. V.; BRYSON, G.M. Nitrogen. In: BARKER, A. V., PILBEAM, D. J. (Eds.). **Hand book of Plant Nutrition**. Boca Raton. CRC press, Taylor and Francis group. 2007. p. 21-50.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Instituto Agronômico, Campinas, 1983. p. 48.

BHATT, P, S.; YAKADRI, M.; SIVALAKSHMI, Y. Influence of varying plant densities and nitrogen levels on yield attributes and yield of sweet corn. **International Journal of Bio-Resource and Stress Management**, v. 3, p.169-172, 2012.

BORIN A. L. D. C.; LANA R. M. Q.; PEREIRA H. S. Absorção, acúmulo e exportação de macronutrientes no milho doce cultivado em condições de campo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, p. 1591-1597, 2010.

BRITO M. E. B.; FILHO G. D. A.; WANDERLEY J. A. C.; MELO A. S.; COSTA F. B. DA; FERREIRA M. G. P. Crescimento, fisiologia e produção do milho doce sob estresse hídrico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1244-1254, 2013.

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**. Ed.rev.atual. Campinas: Instituto Agronômico, 2009, p. 77 (IAC, Boletim técnico, 106).

CARMO, M. S.; CRUZ, S. C. S., SOUZA, E. J.; CAMPOS, L. F. C.; MACHADO, C.G. Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (*Zea mays* convar. *Saccharata* var. *Rugosa*). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28: 223-231, 2012.

COELHO M.; FRANÇA G. E. D. **Nutrição e adubação do milho**. Embrapa Milho e Sorgo. 2013. Disponível em <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/deficiencia/deficiencia.html>> Acesso em 30/05/2014.

COELHO, A. M.; GONÇALO, E. F. Nutrição e adubação do milho. 2004. **Cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. Disponível em:<<http://www.cnpms.embrapa.br/milho.html>>. Acesso em: 01/06/2014.

DUARTE, A. P.; KIEHL, J. C.; CAMARGO, M. A. F.; RECO, P. C. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em cultivares de milho originárias de clima tropical e introduzidas de clima temperado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p 1-20, 2003

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS – FAOSTAT. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: maio 2014.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007, 576 p.

GAMBOA, A. **La fertilizacion del maiz**. Instituto Internacional de la potasa Berna, Boletin, v.11, p. 72, 1980.

HANEKLAUS S.; BLOEM E.; SCHNUG E.; KOK L. J.; STULEN I. Sulfur. In: BARKER, A.V., PILBEAM, D.J. (Eds.). **Handbook of Plant Nutrition**. Boca Raton. CRC press, Taylor and Francis group, 2007, p. 21-50.

HARPER, J. E. Nitrogen metabolism. In: BOOTE, K. J., BENNETT. J. M., SINCLAIR, T.R. **Physiology and determination of crop yield**. Madison: ASA/CSSA/SSSA. Chapt.11A. 1994, p. 285-302.

HART, J. M; SULLIVAN D. M.; MYERS J. R.; PEACHEY R. E. Sweet corn: western Oregon. **Nutrient Management** Guide EM 9010-E. Oregon State University Extension, Corvallis, OR. 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1957/19064>. Acesso em 27/05/2014.

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; SKRUMSAGER M. I.; WHITE, P. Função dos macronutrientes. In: HECKMAN, J. R. (Ed.) Absorção de nutrientes e remoção pelo milho doce. **Hort echnology**, New Brunswick, p. 82-86, 2007.

HECKMAN J. R.; SIMS, J. T.; BEEGLE, D. B.; COALE, F. J.; HERBERT, S. J.; BRUULSEMA, T. W.; BAMKA, W. J. Nutrient Removal by Corn Grain Harvest.

Agronomy journal, v. 95, n. 3, p. 587-591, 2003. Disponível em: <http://dx.doi:10.2134/agronj2003.5870>.

HECKMAN, J. R. Sweet Corn Nutrient Uptake and Removal. **Hort technology**. New Brunswick, v. 17, n. 1, 2007.

HIRZEL, J.; UNDURRAGA, P. Nutritional management of cereals cropped under irrigation conditions. **Crop Production**, v. 3 n. 12, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5772/56095>.

KARLEN, D. L.; FLANNERY, R. L.; SADLER, E. J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. **Agronomy Journal**. v. 80, p. 232–242, 1988.

MAGALHÃES, P. C.; JONES, R. Aumento de fotoassimilados na taxa de crescimento e peso final dos grãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 25, n.12 p.1747-1754, 1990.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Ecofisiologia da produção de sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2003. 4p.

MAGGIO, M. A. **Acúmulo de matéria seca e extração de nutrientes por plantas de milho doce híbrido ‘Tropical’**. 2006. 56f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2006.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MENGEL, K. Potassium In: BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J. (Eds.). **Handbook of plant nutrition**. Boca Raton: CRC press, Taylor and Francis group, 2007, p. 21-50.

MERHAUT, D. J. Magnesium. In: BARKER, A. V., PILBEAM, D. J. (Eds.). **Hand book of plant nutrition**. Boca Raton: CRC press, Taylor and Francis group, 2007. 21-50 p.

MOLINA, M.; ESCUDEY, M.; CHANG, A. C.; CHEN, W.; ARANCIBIA-MIRANDAN. Trace element uptake dynamics for maize (*Zea mays* L.) grown under field conditions. **Plant and Soil**, v. 370, n. 1-2, p. 471-483. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11104-013-1628-x>>.

MUZILLIN, O.; OLIVEIRA, E. L.; CALEGARI, A. **Adubação do milho**. Campinas: Fundação Cargill/IAPAR, 1989, p. 29.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C.; FRANCO, A. A. N.; ZACCHEO, P. V. C.; ZORZENONI, T. O. Sweet corn: Genetic aspects, agronomic and nutritional traits. **Applied Research & Agrotecnology**, v.6, n.1, p.105-114, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5935/PAeT.V6.N1.13>>

OKUMURA, R. S.; TAKAHASHI, H. W.; SANTOS, D. G. C.; LOBATO, A. K. S.; MARIANO, D. C.; MARQUES, O. J.; SILVA, M. H. L.; OLIVEIRA NETO, C. F.; LIMA JR., J. A. Influence of diferente nitrogen levels on growth and production parameters in maize plants. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 9, n. 3-4, p. 510-514, 2011.

OLIVEIRA JÚNIOR, L. F. G; SMITH, R. E. B.; REIS, F. O.; CAMPOSTRINI, O.; PEREIRA, M. G. Diferenças fisiológicas entre genótipos de milho doce (su-1) e milho comum durante o desenvolvimento. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 351-356, 2007.

PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **O cultivo do milho verde**. Brasília: Embrapa, 2003. p. 17-30.

PINHO, R. G. V.; BORGES, I. D.; PEREIRA, J. L. A. R.; REIS, M. C. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 2, p.157-173, 2009.

PRADO, R de M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008, p. 83-270.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de calagem e adubação para o estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agrônômico de Campinas, 1997, p. 285.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p

SOUZA R. S. de; FILHO P. S. V.; SCAPIM C. A.; MARQUES O. J.; QUEIROZ D. C.; OKUMURA R. S.; RECHE D. L.; CORTINOVE V. B. Produtividade e qualidade do milho doce em diferentes populações de plantas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina – PR, v. 34, n. 3, p. 995-1010, 2013.

STAUFLEER, M. D.; SULEWSKI, G. Fósforo – essencial para a vida. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S (Eds.). **Fósforo na Agricultura Brasileira**, Piracicaba: POTAFOS, 2004, p.1-12.

ZUCHARELLI, C.; PANOFF, B.; PORTUGAL, G.; FONSECA, I. C. B. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de milho doce. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina – PR, v. 34, p. 480- 48, 2012.