

JEIZA COSTA MOREIRA

**ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E DE NUTRIENTES
NA CULTURA DO MILHO VERDE**

MOSSORÓ-RN

2015

JEIZA COSTA MOREIRA

**ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E DE NUTRIENTES
NA CULTURA DO MILHO VERDE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

ORIENTADOR: Prof. D.Sc. FÁBIO HENRIQUE TAVARES DE OLIVEIRA

MOSSORÓ – RN

2015

**Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e
catalogação da Biblioteca “Orlando Teixeira” da UFERSA**

M838a Moreira, Jeiza Costa.

Acúmulo de matéria seca e de nutrientes na cultura do
milho verde. / Jeiza Costa Moreira. – Mossoró-RN, 2015.

56f. il.

1. Zea mays L.. 2.Exportação de nutrientes. 3.Fitomassa.
I.Título.

CDD: 633.15

Bibliotecária: Marilene Santos de Araújo
CRB5 1013

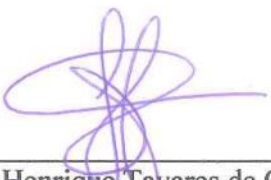
JEIZA COSTA MOREIRA

**ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E DE NUTRIENTES
NA CULTURA DO MILHO VERDE**

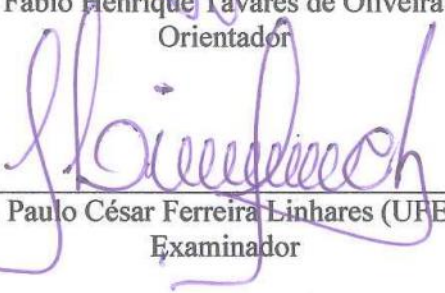
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

APROVADA EM: 28/07/2015

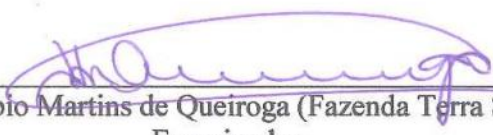
BANCA EXAMINADORA:



Prof. D.Sc. Fábio Henrique Tavares de Oliveira (UFERSA)
Orientador



D.Sc. Paulo César Ferreira Linhares (UFERSA)
Examinador



D.Sc. Fábio Martins de Queiroga (Fazenda Terra Santa)
Examinador

Primeiramente a Deus; aos meus pais Joaquim e Rita pelo apoio incondicional e as minhas irmãs Jeane e Jarina pelo apoio emocional.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me permitir esta efêmera passagem e por todas as boas coisas que ocorrem neste intervalo;

Ao professor Dr. Fábio Henrique Tavares de Oliveira, pela orientação, paciência, compreensão, colaboração e humanidade, pelo estímulo e apoio e, por dedicar seu tempo e sua sabedoria para realização desse trabalho;

Aos Doutores, Fábio Henrique Tavares de Oliveira, Paulo César Ferreira Linhares e Fábio Martins de Queiroga pelas contribuições e pela avaliação deste trabalho.

Ao Departamento de Ciências Vegetais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em especial ao Professor Leilson Costa pelo apoio e incentivo;

À Antônio Lisboa e à Fábio Queiroga pelos esforços na execução de experimentos;

À todos os professores que estiveram envolvidos em meu processo de aprendizagem;

Aos meus pais, Joaquim Moreira e Rita Costa, pelo carinho, amor e afeto;

Ao meu sobrinho Caio Moreira, por tornar os meus dias mais alegres;

Às minhas irmãs Jeane Moreira e Jarina Moreira pelo convívio;

Aos meus avós *in memoriam*;

À todos os meus familiares, pela atenção, pelo apoio, carinho e afeto;

À todos os meus amigos que representam a família que eu pude escolher, em especial à Evani Nogueira, Graça Costa, Andreza, Janice, Raniele, Jarine, Elidiane, Carlinha, Justine, Simone, Djanir, Jorge Abreu e Gilmário Santos;

À todos que, em solo potiguar, incentivaram-me durante o período do Curso de Pós-Graduação, Andréia Mitsa, Fernando Henrique, Jéssyca Duarte, Raulino Cardoso, Alany Moisa, Caio Leal, Wagner César, Vianney Reinaldo, Eduardo Castro, Jeane Portela, Miguel Neto, Tomás, Elídio, Júnior, Antônio Carlos, Édna, Assis, Liduína e, em especial ao Pesquisador Paulo Linhares, à Dr^a Maria Francisca, e aos Professores Patrício Maracajá e José Torres Filho;

À todos que contribuíram para realização deste trabalho, muito Obrigada!

BIOGRAFIA

JEIZA COSTA MOREIRA, filha de Joaquim Moreira Sobrinho e Rita Menezes da Costa, nasceu em Limoeiro do Norte - CE, em 08 de junho de 1989.

Graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, em fevereiro de 2012.

Em março de 2013 ingressou no curso mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	X
RESUMO.....	XI
ABSTRACT.....	XII
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1. Importância econômica e social da cultura do milho.....	03
2.2. Aspectos sobre o milho verde.....	05
2.3. Crescimento da cultura do milho.....	06
2.4. Acúmulo e exportação de nutrientes na cultura do milho.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1. Descrição da área experimental.....	17
3.2. Delineamento experimental e tratamentos.....	18
3.3. Operações de cultivo.....	18
3.4. Características avaliadas.....	20
3.5 Análise estatística.....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5. CONCLUSÕES.....	37
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Estádio fenológicos de uma planta de milho segundo Ritchie (2003)	08
Tabela 2 - Estádios Fenológicos de uma planta de milho, segundo Fancelli, (1986), adaptado de Nell e Smit (1978).....	08
Tabela 3 - Extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos e silagem em diferentes níveis de produtividade.....	16
Tabela 4 - Acúmulo e exportação de micronutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos.....	16
Tabela 5 - Características químicas e físicas de amostras de solo da área experimental, provenientes da camada de 0-20 cm de profundidade, coletadas antes da implantação do experimento.....	17
Tabela 6 - Composição química média da água de irrigação.....	19
Tabela 7 - Quantidades de matéria fresca e seca, teor de água na matéria fresca e quantidades de boro e zinco acumulados na parte aérea do milho verde colhido aos 71 dias após a semeadura.....	24
Tabela 8 - Quantidade de macronutrientes acumulados na parte aérea do milho verde colhido aos 71 dias após a semeadura.....	29

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Acúmulos de matéria fresca (A) e seca (B) do milho verde em função de dias após a semeadura.....	23
Figura 2 - Variação nos valores de diâmetro do caule (A) e de altura de planta (B) do milho verde em função de dias após a semeadura.....	26
Figura 3 - Variação dos conteúdos de nitrogênio (A) e de fósforo (B) acumulados na matéria seca da parte aérea da planta do milho verde em função de dias após a semeadura.....	28
Figura 4 - Variação dos conteúdos de potássio (A) e de cálcio (B) acumulados na matéria seca da parte aérea da planta do milho verde em função de dias após a semeadura.....	30
Figura 5 - Variação dos conteúdos de magnésio (A) e de enxofre (B) acumulados na matéria seca da parte aérea da planta do milho verde em função de dias após a semeadura.....	33
Figura 6 - Variação dos conteúdos de boro (A) e zinco (B) acumulados na matéria seca da parte aérea da planta do milho verde em função de dias após a semeadura.....	35

RESUMO

MOREIRA, JEIZA COSTA. **Acúmulo de matéria seca e de nutrientes na cultura do milho verde**. 2015. 56f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Mossoró - RN, 2015.

O conhecimento da marcha de crescimento e de acúmulo de nutrientes de uma cultura é muito importante para o estabelecimento de um programa de parcelamento das doses totais recomendadas de nutrientes. Este trabalho teve como objetivo realizar a marcha de acúmulo e a exportação de matéria seca e de nutrientes por um híbrido de milho irrigado nas condições edafoclimáticas da Chapada do Apodi. Foi instalado um experimento em campo no município de Quixeré-CE, utilizando a cultivar AG 1051. Foram aplicados dez tratamentos resultantes de combinações entre cinco doses de N (0, 45, 90, 160 e 220 kg ha⁻¹) e quatro doses de P₂O₅ (0, 40, 80, e 120 kg ha⁻¹), no delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições. Neste experimento, foi escolhido um tratamento de referência (90 kg ha⁻¹ de N + 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅) para realização das amostragens. As plantas foram amostradas aos 26, 33, 39, 47, 53, 61 e 71 dias após a semeadura, cortadas no nível do solo para avaliação da parte aérea e, por ocasião da colheita foram separadas em espiga e palhada. As características avaliadas foram: altura da planta, diâmetro de caule e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, B e Zn na parte aérea. Por ocasião da colheita aos 71 dias após a semeadura (DAS), também foram avaliados separadamente os conteúdos desses nutrientes na espiga e no restante da parte aérea da planta. O diâmetro do caule apresentou valor máximo aos 45 dias após a semeadura (DAS), a altura de planta apresentou maior valor no final do período de cultivo, aos 71 DAS, os acúmulos de matéria fresca e seca, assim como de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro e zinco apresentaram maiores valores aos 71 DAS. Por ocasião da colheita, a ordem decrescente de acúmulo de nutrientes na parte aérea foi: potássio > nitrogênio > cálcio > enxofre > fósforo > magnésio > zinco > boro. Nas espigas, essa ordem foi: potássio > nitrogênio > fósforo > cálcio > magnésio > enxofre > zinco > boro.

Palavras-Chave: *Zea mays* L.; Exportação de nutrientes; Fitomassa.

ABSTRACT

MOREIRA, JEIZA COSTA. **Accumulation of dry matter and nutrients in sweetcorn crops.** 2015. 56pp. Thesis (Masters degree in Agronomy: Plant Science) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Mossoró - RN, 2015.

Knowledge of a crop's growth rate and nutrient accumulation rate is very important for establishing a program of split applications of the recommended total nutrient rates. This study aimed to measure the rate of accumulation and export of dry matter and nutrients by a corn hybrid irrigated under the climatic conditions of the Apodi Plateau. An experiment was carried out in the field in the town of Quixeré, Ceará, Brazil, using the cultivar AG 1051. Ten treatments were applied, resulting from combinations between five rates of N (0, 45, 90, 160 and 220 kg ha⁻¹) and four rates of P₂O₅ (0, 40, 80, and 120 kg ha⁻¹). The experimental design was a randomized complete block with four replications. In this experiment, a benchmark treatment was chosen (90 kg ha⁻¹ of N + 40 kg ha⁻¹ of P₂O₅) for completion of sampling. The plants were sampled at 26, 33, 39, 47, 53, 61 and 71 days after sowing, and cut at ground level for evaluation of shoots. Ear and straw were separated at harvest. The following characteristics were evaluated: plant height, stem diameter and accumulation of N, P, K, Ca, Mg, S, B and Zn in the shoots. At the time of harvest at 71 days after sowing (DAS), the levels of these nutrients were also evaluated separately in the ear and in the remainder of the shoot of the plants. Stem diameter showed maximum value at 45 days after sowing (DAS); plant height showed a higher value at the end of the growing period, at 71 DAS. Accumulation of fresh and dry matter, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, boron and zinc showed higher values at 71 DAS. At the time of harvest, the descending order of nutrient accumulation in the shoots was: potassium > nitrogen > calcium > sulfur > phosphorus > magnesium > zinc > boron. In the ear, this order was: potassium > nitrogen > phosphorus > calcium > magnesium > sulfur > zinc > boron.

Keywords: *Zea mays* L.; nutrient export; phytomass.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo do milho vem sendo bastante utilizado na região da Chapada do Apodi, principalmente, no período chuvoso em sucessão ao meloeiro. Esta região se destaca na produção de melão no período seco (segundo semestre do ano). No período chuvoso (primeiro semestre do ano), muitas áreas não são plantadas com esta cultura, pelo fato desta ser acometida por doenças bacterianas, como a mancha bacteriana do fruto, que é uma das principais doenças que afeta o meloeiro (SANTOS; VIANA, 2000). Desse modo, os frutos não apresentam a qualidade exigida para o mercado e os produtores ficam sem renda, tendo que demitir vários trabalhadores rurais, não obstante, a infraestrutura do sistema de irrigação fica ociosa no período chuvoso, sendo que, pode ser utilizada para irrigação complementar no período chuvoso, no qual ocorrem veranicos frequentes.

Os produtores anseiam por culturas que possam ser plantadas no período chuvoso, para utilização do sistema de irrigação e obtenção de renda, mas que também possibilitem a quebra do ciclo das principais pragas e doenças do meloeiro e a ciclagem de nutrientes. Nesse contexto, o milho se enquadra como uma das culturas que pode ser plantada no período chuvoso, sobretudo, por não ser susceptível ao principal patógeno do meloeiro causador da mancha aquosa (SANTOS; VIANA, 2000) e, na oportunidade, proporciona o aproveitamento de parte da mão de obra empregada no cultivo do meloeiro.

O melão é uma cucurbitácea bastante exigente quanto à adubação, assim, onde a cultura é implantada, utiliza-se de altas doses de fertilizante (FARIA; FONTES, 2003; FILGUEIRA, 2008), o que certamente deixa resíduos no solo que podem ser aproveitados por cultivos subsequentes. Nesse sentido, uma sucessão ou rotação de cultura adequada culmina em benefícios agrônômicos diretos e indiretos para o produtor, reduz riscos de erosão, bem como melhoria na fertilidade do solo (CAMPBELL, 1991).

Filgueira (2000) destaca que o milho verde cultivado após o tomateiro estaqueado tem produzido satisfatoriamente espigas comerciais, apenas com o resíduo das adubações. A aplicação da prática do cultivo sucessivo há muito vem

sendo utilizada pelos agricultores. Porém, muitas vezes eles não possuem informações suficientes do quanto podem aproveitar dos resíduos remanescentes da fertilização do solo para reduzir os custos de produção.

A cultura do milho, na região da Chapada do Apodi, é principalmente empregada na alimentação animal (palhada e grãos para fazer silagem, grãos para fabricação de rações para frangos de corte e para alimentação de outros animais domésticos, como caprinos e ovinos) (SOUZA FILHO, 2013). Desde 2011 a seca tem se alastrado na região, e a silagem de milho tem sido uma alternativa encontrada para salvar os rebanhos bovinos. Assim sendo, os produtores da agricultura irrigada têm optado pela produção de milho para silagem, sobretudo, em virtude da boa relação custo/benefício favorecida pelo alto preço da silagem.

A recomendação das adubações é embasada nos estudos de resposta à fertilização e na exigência nutricional da cultura. Devido, principalmente, aos picos de máxima absorção pela planta, a exigência das culturas por nutrientes não pode ser inferida somente a partir da extração total. Faz-se necessário o estudo da marcha de absorção de nutrientes em função do tempo, para prever como, quando e quanto de adubo deve ser aplicado (DUARTE et al., 2003).

Quanto à exigência nutricional do milho, segundo Von Pinho et al. (2009), o nitrogênio é o nutriente absorvido em maior quantidade, seguido em ordem decrescente por: potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre, com relação ao acúmulo de micronutrientes, França e Coelho (2001) encontraram que a concentração de micronutrientes extraídos segue a ordem decrescente: $Fe > Zn = Mn > B > Cu > Mo$.

O crescimento da planta de milho é função linear do tempo, diferente do acúmulo de matéria seca que apresenta uma curva ligeiramente sigmoide, sendo linear na maior parte do período vegetativo e tornando-se decrescente no período final, quando se inicia uma ligeira diminuição no peso da planta, provavelmente essa diminuição no peso se deve à queda de folhas senescentes e lixiviação de potássio das folhas e dos colmos (VON PINHO et al., 2009).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar a marcha de acúmulo e a exportação de matéria seca e de nutrientes por um híbrido de milho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância econômica e social da cultura do milho

O milho se configura como um cereal de grande importância, cultivado em muitos países, fazendo parte da cadeia produtiva de vários setores, sendo utilizado tanto no consumo humano quanto para alimentação de animais. Cerca de 70% da produção mundial é destinada à alimentação animal na forma de grão. No Brasil, em torno de 80 a 85% do consumo é direcionado à produção animal, para a avicultura, bovinocultura e a suinocultura (PAES, 2006).

O grão do milho apresenta em média na sua composição, 60% de carboidratos, 10% de proteína, 4% de lipídios, sendo o restante constituído por minerais e vitaminas (FORNASIERI-FILHO, 2007). Essa constituição propicia o emprego desse cereal na alimentação animal na forma “*in natura*” como forragem, na fabricação de farelos e também na alimentação humana, como amido, farinhas e óleo, além de participar como matéria prima de mais de 500 produtos (PONCIANO et al., 2003). Além disso, a Europa e os Estados Unidos têm incentivado a sua utilização para a produção de etanol (SILVA et al., 2009), estabelecendo-se assim, o uso desse cereal para fins alimentícios diretos e indiretos.

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial, depois dos EUA e China, sendo a produção mundial superior a 840 milhões de toneladas, na safra 2009/2010 e, produtividade média de 5.194 kg ha⁻¹, (FAO, 2012). No Brasil, a área cultivada com essa cultura na safra 2013/2014 foi de 15,829 milhões de hectares, correspondendo à uma produção de 80,052 milhões de toneladas, com produtividade média de 5.057 kg ha⁻¹ (CONAB, 2015). O estado do Mato Grosso destaca-se como maior produtor nacional, com uma produção de 18,049 milhões de toneladas, seguido do Paraná, com uma produção de 15,671 milhões de toneladas (CONAB, 2015).

A região Nordeste é a penúltima região em volume de produção de grãos de milho, participando com apenas 9,4% do volume nacional de produção,

enquanto, o estado do Rio Grande do Norte não participa sequer, com 0,1% deste volume de produção (CONAB, 2015).

Apesar da sua representação, segundo dados da FAO (2012) é o cereal mais cultivado no mundo. De acordo com Assis et al. (2006) a sua produtividade ainda é considerada baixa, uma vez que há relatos de que o potencial produtivo da cultura é de 19.113 kg ha⁻¹.

O milho é cultivado em todas as regiões do país, tanto na agricultura familiar quanto na agricultura de grande escala, utilizando desde a baixa tecnologia. Na Região Nordeste do Brasil, esta cultura destaca-se como uma das mais importantes, tendo como finalidade as produções de milho verde e de milho grão. (CASTRO, 2010).

Os grãos verdes constituem o chamado milho verde, isto é, milho com grãos no estado leitoso, apresentando de 70 a 80% de umidade, sendo bastante inserido na culinária nordestina no preparo de diversos pratos regionais. Os grãos secos são usados nas alimentações humana e animal. Após a colheita das espigas verdes e secas, a palhada pode ser empregada na alimentação dos rebanhos do próprio agricultor ou comercializada (MAIA; SILVA, 2001).

O milho pode ser destinado para alimentação de animais como forragem no período chuvoso, no qual as condições climáticas são geralmente favoráveis. No período seco, o qual as condições climáticas não são favoráveis ao crescimento da planta, devido à considerável redução na precipitação, aliada às altas temperaturas, tem-se como alternativa a aplicação da ensilagem de milho. Esta técnica de conservação de forragem possibilita a constância no fornecimento de alimento de boa qualidade para manutenção dos rebanhos ao longo do ano ou durante o período de criação (UENO et al., 2013). Vale salientar que mesmo no período seco, o uso de irrigação viabiliza a obtenção de milho para forragem.

Incentivos do governo na implementação da irrigação na região, propiciaram projetos de irrigação e ampliação dos perímetros irrigados, o que contribuiu para geração de emprego e renda no campo, como também para aumento na produtividade de milho, visto que o manejo da irrigação possibilita o plantio do milho durante todo o ano.

2.2. Aspectos sobre o milho verde

A produção de milho verde em 2011 foi de aproximadamente 9 milhões de toneladas. A produção nacional foi de 268.265 toneladas, sendo São Paulo, Pernambuco e Minas Gerais os três maiores produtores de milho verde do país, com uma produção de 39.591 t, 35.639 t e 22.971 t respectivamente (IBGE, 2011).

A cultura do milho verde no Brasil tem uma produtividade média que varia de 9 a 15 toneladas de espigas empalhadas por hectare, dependendo da região (Paiva et al., 2012). Para o Rio Grande do Norte, não existem estimativas precisas, no entanto por meio de contatos com agricultores e extensionistas estima-se que, em média, sejam produzidas 20 a 25 mil espigas comercializáveis por hectare (SILVA et al., 2002).

Um dos obstáculos relacionados ao baixo rendimento, é o plantio de cultivares tradicionais com baixa capacidade produtiva. O agricultor tem por hábito utilizar sua própria semente, ou na falta desta, adquire sementes híbridas, que sequer foram submetidas à avaliação no Rio Grande do Norte (SILVA et al., 2002). Tem-se poucas cultivares específicas para produção de milho verde disponíveis no mercado. Na avaliação dos rendimentos desses produtos, muitas vezes são utilizados cultivares desenvolvidas para a produção de grãos (VALE et al., 2011).

O mercado de milho verde, de um modo geral, tem se revelado muito desuniforme no tocante às espigas comercializadas, comprovando que os produtores ainda necessitam de informações a respeito das cultivares mais apropriadas comercialmente (ALBUQUERQUE et al., 2008).

Com relação à produção do milho verde, almeja-se a obtenção de uma elevada porcentagem de espigas comerciais, como também de um elevado peso de espigas comerciais. São consideradas comercializáveis espigas maiores que 15 cm de comprimento e 3 cm de diâmetro. Outro aspecto relevante é que as espigas sejam bem empalhadas e de coloração verde intensa, o que deixa o produto menos susceptível ao ataque de pragas, Além de auxiliar na sua conservação (ALBUQUERQUE et al., 2008).

A comercialização do milho verde, no Brasil, ocorre de diversas formas, desde a granel, na própria lavoura, até o processo mais sofisticado de milho cozido a vapor, embalado a vácuo, em embalagem de plástico esterilizada (PEREIRA FILHO; CRUZ 2003). Geralmente, em locais de venda como CEASA's, as espigas são comercializadas empalhadas e, nos supermercados e estabelecimentos que comercializam hortaliças, as espigas são comercializadas em bandejas envoltas com filme plástico (SANTOS et al., 2005).

A nível industrial, a comercialização é realizada na própria lavoura, onde o milho verde é colhido manualmente, sendo necessário cerca de dez homens para carregar um caminhão, transportando as espigas para a fábrica, onde são processadas, e posteriormente, os grãos são envasados em latas com capacidade para 200g do peso líquido do produto (PEREIRA FILHO; CRUZ 2003). O milho verde também é comercializado na forma de pamonha, curau, suco, ou cozido, essas modalidades de comércio são encontradas em quiosques nos centros de cidades e principalmente nas praias do litoral brasileiro (PEREIRA FILHO; CRUZ 2003).

Na região da Chapada do Apodi, de um modo geral, o milho verde é destinado para alimentação animal, a parte aérea que é constituída por folhas, colmo e espiga, é comercializada para forragem ou silagem. No entanto também há a demanda por espigas verdes, que são utilizadas no preparo de diversos pratos regionais. Nesse caso as espigas são comercializadas separadamente, sendo a palhada que é composta por folhas e colmo destinada à alimentação animal e as espigas verdes para alimentação humana.

2.3. Crescimento da cultura do milho

O ciclo da cultura do milho varia de acordo com condições climáticas, genótípicas e de manejo, dentre outros aspectos. Assim, o planejamento do manejo a ser empregado não deve se fundamentar em dias após a emergência (DAE) ou em dias após o plantio (DAP), deve-se levar em consideração os estádios de desenvolvimento da cultura.

Segundo Ritchie et al. (2003) o produtor precisa entender como ocorrem o crescimento e o desenvolvimento da planta de milho, visto que aqueles que conhecem esses aspectos bem, podem usar de práticas de produção mais eficientes para obter maiores produtividades e consequentemente maiores lucros.

Gadioli et al. (2000) destacam que no desenvolvimento do milho, a duração do ciclo em dias é inconsistente, devido ao fato da duração de subperíodos e ciclos da planta estarem associados às variações das condições ambientais, e não ao número de dias, ou seja, quanto ao padrão de desenvolvimento, todas as plantas de milho são semelhantes, mas os intervalos de tempos específicos entre os estádios fenológicos podem variar (RITCHIE et al., 2003). Dentre outros fatores, a variação na duração desses intervalos, relaciona-se com a variabilidade genotípica existente entre cultivares de milho, híbridos de milho podem florescer mais cedo ou mais tarde, como também, desenvolver mais ou menos folhas (RITCHIE et al., 2003). Desse modo, a aplicação de práticas culturais, com o objetivo de potencializar o rendimento de grãos, deverá ser baseada nos estádios fenológicos da cultura (FORSTHOFER et al., 2004).

Dentre os sistemas de nomenclatura, para a divisão do ciclo da planta de milho em estádios fenológicos, os mais usualmente adotados são os propostos por Ritchie et al. (2003) e o proposto por Fancelli (1986), adaptado de Nell e Smit (1978) (Tabelas 1 e 2).

No sistema de nomenclatura definido por Ritchie et al. (2003) primeiramente é feita uma divisão entre dois estádios, vegetativo e reprodutivo, sendo que as subdivisões desses dois estádios são representados pelas suas letras iniciais, "V" e "R".

O estágio vegetativo tem início quando ocorre a emergência da planta. Posteriormente é considerado o número de folhas completamente expandidas, culminando com o pendoamento, representado por VT. vale salientar que o estágio anterior ao pendoamento recebe a denominação Vn, sendo n o número total de folhas expandidas.

Tabela 1 - Estádios fenológicos de uma planta de milho, segundo Ritchie et al. (2003).

Estádios	Descrição dos estádios fenológicos
ESTÁDIOS VEGETATIVOS (V)	
VE	Emergência
V1	Primeira folha totalmente expandida
V2	Segunda folha totalmente expandida
V3	Terceira folha totalmente expandida
V6	Sexta folha totalmente expandida
V9	Nona folha totalmente expandida
V12	Décima segunda folha totalmente expandida
V15	Décima quinta folha totalmente expandida
V18 ou V (n)	Décima oitava ou enésima folha totalmente expandida
VT	Pendoamento
ESTÁDIOS REPRODUTIVOS	
R1	Florescimento
R2	Grão leitoso
R3	Grão pastoso
R4	Grão farináceo
R5	Grão farináceo-duro
R6	Maturidade fisiológica

Tabela 2 - Estádios fenológicos de uma planta de milho, segundo Fancelli (1986), adaptado de Nell e Smit (1978) .

Estádios	Descrição dos estádios fenológicos
0	Emergência
1	50% das plantas apresentando 4 folhas totalmente desdobradas
2	50% das plantas apresentando 8 folhas totalmente desdobradas
3	50% das plantas apresentando 12 folhas totalmente desdobradas
4	50% das plantas apresentando emissão do pendão
5	50% das plantas apresentando emissão de pólen
6	50% das plantas apresentando grãos leitosos
7	50% das plantas apresentando grãos pastosos
8	50% das plantas iniciando a formação de “dentes”
9	50% das plantas apresentando grãos “duros”
10	50% das plantas apresentando “camada negra”.

O estágio reprodutivo, constituído por 6 subdivisões, relaciona-se com o desenvolvimento do grão e de suas partes, iniciando com a liberação dos grãos de pólen e a polinização, posteriormente considerando o formato e a consistência dos grãos, grãos em formato de bolha, grãos em estado leitoso, pastoso, farináceo e encerrando quando a maturidade fisiológica é atingida, caracterizada pelo surgimento de uma camada preta na inserção dos grãos com o sabugo.

Fancelli e Dourado Neto (2000) inferem que o ciclo de desenvolvimento da cultura do milho apresenta cinco períodos principais, com base nestes períodos definiram um sistema de nomenclatura.

O primeiro período, germinação e emergência, ocorrendo entre a semeadura e o aparecimento da plântula, de acordo com a umidade e temperatura do solo, o período varia entre 4 a 12 dias. O segundo período compreende o crescimento vegetativo, iniciado por ocasião da emissão da segunda folha e estende-se até o início do florescimento, sendo que, a duração deste período pode variar em função do genótipo das plantas e de fatores climáticos. Em seguida, tem-se o período de floração, situado entre o início da polinização e o início da frutificação. Posteriormente, o período de frutificação, que compreende a fecundação até o início do enchimento de grãos, ocorrendo em torno de 40 a 60 dias, e por fim, a maturidade fisiológica, que segue desde o final da frutificação até o surgimento da camada escura na base dos grãos.

Bergamaschi (2006) acrescenta que dentro dos estádios fenológicos podem haver as suas subdivisões (subperíodos), sendo estes definidos como o tempo decorrido entre duas fases consecutivas considerando-se que, ao longo deste, as necessidades e a estrutura da planta são praticamente constante.

Nas condições em que a cultura do milho é explorada no Brasil, o ciclo das diversas cultivares varia entre 110 e 180 dias, período compreendido entre a semeadura e a colheita. Para uma mesma cultivar, a duração das fases fenológicas varia entre regiões, anos e datas de semeadura, em razão das frequentes mudanças nas condições ambientais (RITCHIE et al., 2003).

A temperatura do ar é o elemento meteorológico que melhor explica a duração dos períodos de desenvolvimento desta cultura, havendo relação linear

entre a duração destes períodos e o desenvolvimento da planta (LOZADA ; ANGELOCCI, 1999). Temperaturas do solo inferiores a 10°C e superiores a 42°C prejudicam sensivelmente a germinação, ao passo que àquelas situadas entre 25 e 30°C propiciam as melhores condições para o desencadeamento dos processos de germinação das sementes e emergência das plântulas. Por ocasião do período de florescimento e maturação, temperaturas médias diárias superiores a 26°C podem promover a aceleração dessas fases, da mesma forma que temperaturas inferiores a 15,5°C podem prontamente retardá-las (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Desde que não haja deficiência hídrica, a temperatura, dentre os elementos climáticos, apresenta-se como o mais importante para prever os eventos fenológicos da cultura (GADIOLI et al., 2000). Quando a temperatura do solo está entre 21°C e 30°C, a semente de milho germina em 5 ou 6 dias. Mesmo com umidade adequada, à medida que a temperatura diminui, a semente leva mais tempo para emergir, podendo chegar até 18 dias quando as temperaturas estão por volta de 13°C (RITCHIE et al., 2003).

Forsthofer et al. (2004) avaliando três híbridos de milho em três diferentes épocas de semeadura, agosto de 2000, outubro de 2000 e janeiro de 2001, verificaram que houve uma redução na duração do subperíodo semeadura-emergência, em aproximadamente 15 dias à medida que foi retardada a semeadura de agosto para janeiro, em consonância, verificaram diminuição na duração dos demais subperíodos de desenvolvimento vegetativo do milho. Estas reduções foram atribuídas aos incrementos da temperatura do solo e do ar respectivamente.

De acordo com Berlato et al. (1984) para cada 1°C de aumento da temperatura do solo, ocorre redução de meio dia na duração do subperíodo semeadura emergência e, conforme Stone et al. (1999) Para cada 1°C de aumento da temperatura do ar, ocorre redução de cinco a seis dias na duração do período compreendido entre emergência e espigamento. A temperatura influencia o metabolismo das plantas, alterando a velocidade das reações químicas e a atividade das enzimas que participam deste processo (OLARI et al., 2010).

Os assimilados produzidos por meio da fotossíntese podem ser armazenados ou distribuídos entre os diferentes órgãos dreno da planta. Assim

sendo, o crescimento pode ser descrito como a capacidade da planta em sintetizar fotoassimilados nas folhas e alocar matéria seca nos diversos órgãos (MARENCO; LOPES, 2009).

O primeiro trabalho expressivo sobre o acúmulo e a distribuição de matéria seca em relação ao ciclo da planta de milho foi realizado na década de 40. Desde então foram realizados alguns trabalhos sobre marcha de acúmulo de matéria seca e de nutrientes pela cultura do milho.

Gava et al. (2010) trabalhando com híbridos simples de milho, verificaram que houve pequeno acúmulo de matéria seca até os 30-35 dias após emergência (DAE), acúmulo linear até os 100 DAE e, novamente, redução do acúmulo até o final do ciclo, ou seja, ocorre uma fase inicial de crescimento lento, seguida de uma fase de crescimento rápido, com acúmulo de 80-90% de toda a matéria seca, logo após podendo ocorrer uma fase final em que o crescimento torna-se novamente lento, acumulando cerca de 7-9% da matéria seca total, apresentando assim uma curva do tipo sigmoide.

Oliveira et al. (2013) avaliando o crescimento de um híbrido de milho, em sistema de plantio direto, verificaram que o acúmulo de matéria seca teve ajuste à curva sigmoideal, com incrementos praticamente lineares dos 40 aos 80 DAE e, máximo acúmulo ocorrendo entre 100 e 110 DAE, quando se inicia o decréscimo da massa total da planta, provavelmente devido à queda de folhas senescentes (VON PINHO et al., 2009).

O acúmulo de matéria seca em milho processa-se de forma contínua até o estágio de maturação dos grãos, existindo um período de acumulação mais intensa próximo ao florescimento, depois do florescimento, ocorre também a translocação dos compostos acumulados da parte vegetativa para os grãos em formação (FANCELLI; DOURADO NETO., 2000).

Após o período de máximo acúmulo se inicia o decréscimo do peso total da planta, provavelmente devido à queda de folhas senescentes. É comum observar redução na quantidade de matéria seca no final do ciclo da planta, especialmente após a formação da metade da massa total de grãos (BASSOI; REICHARDT, 1995). Isso provavelmente ocorre devido à perda de parte das folhas e à lixiviação

de potássio das folhas e do colmo, além do aumento da capacidade de dreno da espiga (VON PINHO et al., 2009).

Quanto ao acúmulo de matéria seca em órgãos da planta de milho, Oliveira et al. (2013) verificaram maior acúmulo de matéria seca em folhas no florescimento, 40 DAE, ocorrendo o de colmo mais tardiamente, 60-70 DAE, em virtude da priorização das folhas para produção de fotoassimilados, posteriormente há a necessidade de sustentação de frutos, sendo para isto, necessário o acúmulo de matéria seca nos colmos. As espigas apresentaram valores crescentes de matéria seca a partir de seu surgimento, 40 DAE, tornando-se linear no período de 60 a 70 DAE, provavelmente devido à translocação de fotoassimilados das folhas e do colmo para as mesmas.

Sangoi et al. (2002) estudando os efeitos de diferentes relações fonte-dreno, no acúmulo de matéria seca, em dois híbridos de milho, encontraram pontos de máximo acúmulo de matéria seca no colmo aos 33 e 35 dias após a floração, os híbridos incrementaram a matéria seca dos colmos durante a primeira metade do período de enchimento dos grãos. Este comportamento confirma as observações de Fancelli e Dourado Neto (2000), de que o colmo é uma importante estrutura de armazenamento temporário de açúcares nas primeiras semanas após a fertilização dos grãos, quando a capacidade fotossintética da planta é máxima e a demanda da espiga por fotoassimilados pequena.

Von Pinho et al. (2009), ao avaliar o acúmulo de matéria seca em plantas de milho, em função dos estádio fenológicos, observaram um pequeno acúmulo de matéria seca nas folhas no início do desenvolvimento da cultura, um incremento no acúmulo de matéria seca das folhas no estádio 1, que foi crescente até o estádio 6 (início do enchimento de grãos) no qual o acúmulo foi máximo. No período compreendido entre o início do enchimento de grãos (estádio 6) e a maturidade fisiológica da cultura (estádio 10), as folhas entraram em processo de perda de matéria seca. O acúmulo de matéria seca no colmo foi muito baixo nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura. No estádio 2, houve incremento significativo na matéria seca total dos mesmos, incremento este, que se estendeu até o estádio 9, no qual ocorreu o máximo acúmulo de matéria seca.

2.4. Acúmulo e exportação de nutrientes na cultura do milho

A absorção de nutrientes logo no início da cultura é mínima, pois as reservas contidas nas sementes satisfazem as necessidades iniciais da planta. Os nutrientes presentes nas sementes são mobilizados e translocados para as raízes e parte aérea. Praticamente não há absorção de nutrientes do solo, nas três primeiras semanas após o plantio (STIPP; YAMADA, 1988).

Ocorre intensa absorção de nutrientes do solo, durante o período de desenvolvimento vegetativo, quando o número potencial de grãos está sendo definido e, durante a fase reprodutiva ou formação da espiga, quando o potencial produtivo é atingido. A cultura do milho, apresenta assim, dois picos de máxima absorção de nutrientes (COELHO, 2006).

A absorção e o acúmulo da maior parte dos nutrientes extraídos do solo seguem a mesma dinâmica de desenvolvimento da planta. Desse modo, por meio de informações a cerca das quantidades e épocas de maior absorção de nutrientes pode-se promover o fornecimento dos nutrientes em quantidades e momentos adequados, visando aumentar a eficiência de utilização dos insumos e produtividade das lavouras (UENO et al., 2011).

Bull e Cantarella (1993) apresentam curvas de absorção de nutrientes, obtidas utilizando cinco cultivares de milho e afirmam que, de modo geral, o pico de absorção de N, ocorre aos 80 dias após a germinação e, a quantidade requerida é de 180 kg de N ha⁻¹. Para o P e o K, o pico de absorção ocorre entre 80-100 e 75 dias, respectivamente, e a quantidade requerida é de 30 kg ha⁻¹ para P e, 218 kg ha⁻¹ para K. Para Ca, Mg e S, o pico ocorre aos 80-90, 80 e 80-90 dias respectivamente, e as quantidades requeridas por hectare são: 34 kg para o Ca e Mg e, 32 kg para o S. Para os micronutrientes Mn e Zn, o pico de absorção ocorre aos 80 dias após a germinação, e as quantidades requeridas são de 656 e 332 g ha⁻¹, respectivamente. Para Fe e o Cu, o pico de absorção é mais tardio, ocorrendo somente aos 100 dias, sendo a exigência do Fe de 1.610 g ha⁻¹ e a de Cu de 150 g ha⁻¹.

Vale salientar que, estudos em condições tropicais, foram realizadas há muito anos e que, novas variedades de milho são produzidas pelos métodos de

melhoramento genético, em curto espaço de tempo, estudos atuais sobre marcha de absorção de nutrientes e acúmulo de matéria seca podem revelar variações quanto às épocas e às quantidades requeridas de nutrientes, divergindo daquelas anteriormente determinadas (BORGES, 2006).

Quando o milho é cultivado com a finalidade de produzir silagem, deve-se realizar o manejo de adubação e posterior condução da área de forma diferenciada às recomendações para a produção somente de grãos, pois além dos grãos, a parte vegetativa é cortada e removida do campo antes que a cultura complete o seu ciclo, fazendo com que a maior parte dos nutrientes que foram extraídos do solo durante o ciclo de vida da cultura sejam exportados da área de cultivo, podendo causar desbalanço de nutrientes e empobrecimento rápido do solo, tendo como consequência a queda de produtividade e baixa qualidade da silagem em cultivos posteriores (COELHO, 2006).

Em termos percentuais, a produção de grãos extrai 77 a 86% de fósforo, este é quase que totalmente translocado para os grãos, 70 a 77% de nitrogênio, 60% de enxofre, 47 a 69% de magnésio, 26 a 43% de potássio e 3 a 7% de cálcio extraídos pelas plantas. Com base nesses dados, pode-se observar que apesar do componente grão possuir grande concentração da maioria dos elementos retirados do solo, a incorporação dos resíduos remanescentes da cultura, devolve ao solo grande parte destes, principalmente potássio e cálcio contidos na palhada (COELHO, 2006). Corroborando com as informações obtidas por Malavolta (2006), nas quais, ele enfatiza que o nutriente que apresenta maior translocação para as sementes é o fósforo, (80 a 90%), seguindo pelo nitrogênio (75%), enxofre (60%), magnésio (50%), potássio (20-30%) e o cálcio (10-15%) , sendo o potássio e o cálcio os nutrientes menos translocados para as sementes, pois os mesmos permanecem na palhada, de modo que, a incorporação da palhada ao solo, devolve, principalmente, estes nutrientes ao solo.

A produção de grãos apresenta uma menor exportação de nutrientes, visto que, pode-se repor parte dos nutrientes exportados por meio da incorporação dos restos culturais ao solo. Contudo, ainda que se utilize da prática da incorporação de resíduos, devido às grandes quantidades de nutrientes exportados pelos grãos, faz-

se necessária à adubação de restituição, visando à reposição de nutrientes, para que a fertilidade do solo não seja comprometida em cultivos subsequentes.

Duarte et al. (2003) trabalhando com cinco cultivares de milho, estudaram as concentrações de nutrientes em colmos, folhas e espigas e, concluíram que, com o desenvolvimento das espigas, houve redução da proporção de nutrientes acumulados nas folhas e nos colmos, expressa como porcentagem do total acumulado na planta, destacando-se nitrogênio, fósforo, enxofre e zinco. Ainda, no mesmo trabalho, o cálcio foi o nutriente acumulado em menor proporção nas espigas, tanto no florescimento como na maturidade fisiológica dos grãos. O colmo constituiu-se no principal compartimento de acúmulo de potássio, magnésio, ferro e manganês no estágio de maturidade. Na fase de crescimento vegetativo, folhas e colmos atuam como principais drenos de nitrogênio, já na fase de desenvolvimento reprodutivo atuam principalmente como fontes. Antes do florescimento, os órgãos vegetativos acumulam fotoassimilados e nutrientes e, posteriormente, ocorre uma considerável remobilização destes, durante a fase reprodutiva, para prover o desenvolvimento dos grãos.

As necessidades nutricionais das plantas correlacionam-se diretamente com a extração total de nutrientes, que por sua vez, correlaciona-se com o rendimento obtido e com a concentração de nutrientes nos grãos e na palhada. Desse modo, deve-se disponibilizar às plantas, a quantidade de nutrientes satisfatória, para atender à demanda, à extração total de nutrientes, adicionando ao solo os nutrientes requeridos, por meio de adubações, independentemente do sistema de produção, seja produção de grãos, ou de silagem. A extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio pela cultura do milho aumenta com o aumento da produtividade (Tabela 3), dentre estes, os nutrientes extraídos em maior quantidade pela cultura do milho são nitrogênio e potássio, seguindo-se cálcio, magnésio e fósforo (MALAVOLTA, 2006).

Quanto aos micronutrientes, apesar de serem requeridos em menores quantidades em relação aos macronutrientes, segundo os princípios que regem os critérios de essencialidade, os micronutrientes também são muito importantes para formação e desenvolvimento das plantas, de modo que, deve-se levar em conta o

acúmulo e a exportação destes pelas culturas. Esse aspecto é ainda mais relevante, quando se pensa em seguir a estratégia de reposição desses nutrientes ao solo. Dados sobre acúmulo e exportação de micronutrientes pela cultura do milho, obtidos por meio de diversos trabalhos desenvolvidos com esta cultura no país são expressos na Tabela 4, sendo que, os valores correspondentes ao acúmulo referem-se à quantidade do nutriente contida na parte aérea da cultura, enquanto os valores da exportação referem-se à quantidade do nutriente contida nos grãos.

Tabela 3 - Extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos e silagem em diferentes níveis de produtividade

Tipo de exploração	Produtividade	Nutrientes extraídos				
		N	P	K	Ca	Mg
	----- t ha ⁻¹ -----	----- kg ha ⁻¹ -----				
Grãos	3,65	77	9	83	10	10
	5,80	100	19	95	7	17
	7,87	167	33	113	27	25
	9,17	187	34	143	30	28
	10,15	217	42	157	32	33
Silagem (matéria seca)	11,60	115	15	69	35	26
	15,31	181	21	213	41	28
	17,13	230	23	271	51	31
	18,65	231	26	259	58	32

Fonte: Malavolta (2006).

Tabela 4 - Acúmulo e exportação de micronutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos

Acúmulo	B	Cu	Zn	Mn	Fe	Mo
	----- g t ⁻¹ -----					
Total acumulado	18,0	10,0	48,4	42,8	235,7	1,0
Exportação	3,2	1,2	27,6	6,1	11,6	0,6

Fonte: Pauletti (2004); Abreu et al. (2007).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da área experimental

O experimento foi conduzido na Chapada do Apodi - município de Quixeré-CE, no ano agrícola de 2012, em uma área agrícola de propriedade particular que vinha sendo cultivada há dez anos com meloeiro. Situada a 80 km da sede do município de Mossoró-RN, com as seguintes coordenadas geográficas: 5° 05' 36,57" de latitude sul, 37° 48' 2,15" de longitude oeste e altitude de 124 m. O solo foi classificado como Cambissolo Háplico eutrófico, de textura argila-arenosa, derivado do calcário e relevo plano (EMBRAPA, 2006). As características químicas e o teor de argila do solo antes da implantação do experimento, são expostos na Tabela 5.

O clima da região é do tipo semiárido quente, que apresenta um período de chuvas irregulares correspondendo aos meses de fevereiro a maio e, um período de seca entre os meses de junho a janeiro. A média anual da precipitação, temperatura e umidade relativa do ar são de 696 mm, 27,4 °C e 70%, respectivamente. A vegetação predominante é a Caatinga Hiperxerófila (CPRM, 2005).

Tabela 5 – Características químicas e teor de argila do solo da área experimental, provenientes da camada de 0-20 cm de profundidade, coletadas antes da implantação do experimento

pH	MO	N _{total}	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	Argila
H ₂ O	----- g kg ⁻¹ ----	-----	----- mg dm ⁻³ -----	-----	-----	----- cmol _c dm ⁻³ -----	-----	-----	-----	g kg ⁻¹
7,12	17,3	0,35	15,2	290	106	11,8	2,4	0,0	0,0	380

Fonte: Dados obtidos na pesquisa (2012).

3.2. Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em blocos casualizados com quatro repetições, no qual, foram avaliados os efeitos de cinco doses de nitrogênio (0, 45, 90, 160 e 220 kg ha⁻¹) e quatro doses de P₂O₅ (0, 40, 80, e 120 kg ha⁻¹). Dentre os tratamentos, foi escolhido um tratamento de referência (90 kg ha⁻¹ de N + 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅) para realização das amostragens necessárias. Sendo neste tratamento de referência obtida a máxima produtividade de milho verde (SOUZA FILHO, 2013). O cultivar híbrido de milho utilizado para produção de milho verde foi AG 1051 (Agrocere[®]).

As épocas de amostragem foram: 26, 33, 39, 47, 53, 61 e 71 dias após a semeadura. Levando-se em consideração o aspecto visual das plantas, foram amostradas três plantas vizinhas e aparentemente sadias, em competição completa e com porte semelhante ao das demais plantas da parcela experimental.

A parcela experimental foi constituída por quatro linhas duplas de 6 m de comprimento, espaçadas a 0,40 x 1,40 m, com área total de 43,20 m². Foram consideradas como área útil da parcela as duas linhas duplas centrais descartando-se um metro em cada extremidade, sendo que, uma dessas fileiras duplas foi utilizada para as amostragens destrutivas da parte aérea das plantas.

Vale salientar que os espaçamentos adotados na cultura do meloeiro, 1,80 m, são longos, quando comparados aos espaçamentos utilizados no plantio de milho, 70 a 90 cm entre fileiras, sendo a produtividade dependente da população de plantas para que se tenha uma considerável população e, portanto, uma boa produtividade, viabilizando economicamente a implantação desta cultura, fez-se o plantio de milho em fileiras duplas nas proximidades dos camalhões anteriormente cultivados com meloeiro.

3.3. Operações de cultivo

O sistema de preparo do solo realizado foi o convencional, caracterizado por duas gradagens cruzadas a uma profundidade média de 20 cm. A marcação das linhas

de plantio realizada com sulcador, a uma profundidade média de 5 cm. Em seguida, os blocos e parcelas foram marcados, após as devidas mensurações.

A implantação do experimento teve início em abril de 2012, sendo o milho verde plantado no espaçamento de 0,40 x 0,30 x 1,40 m para um stand de aproximadamente 37.037 plantas ha⁻¹. A semeadura foi realizada a uma profundidade média de 2 cm com uma semente por cova na linha de plantio.

A precipitação na área experimental no período de condução do experimento foi de 49,5 mm. Desse modo, devido aos veranicos que ocorrem na região, o experimento dispôs de um sistema de irrigação localizada por gotejamento, cujos emissores espaçados a 0,40 m, possuíam uma vazão de 1,7 L h⁻¹ a uma pressão de 120 KPa. A lâmina suplementar de irrigação para o experimento foi obtida pelo balanço hídrico, considerando-se a precipitação e a evapotranspiração da cultura (Etc), utilizando as informações climáticas diárias provenientes de uma estação meteorológica localizada na propriedade.

Os valores médios de temperatura média, máxima e mínima, umidade relativa do ar e evapotranspiração potencial, durante o período de condução dos experimentos foram: 26,9 °C; 36,3 °C; 18,9 °C; 62% e 6,7 mm dia⁻¹, respectivamente. A lâmina total de água fornecida durante o ciclo da cultura do milho foi de aproximadamente 400 mm, de modo que, a cultura não sofreu nenhum déficit hídrico. Segue a composição química média da água extraída do Aquífero Jandaíra, que foi utilizada para irrigação (Tabela):

Tabela 6 - Composição química média da água de irrigação

pH	CE	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼
H ₂ O	dS m ⁻¹	----- mmol _c L ⁻¹ -----							
7,03	1,96	0,08	2,03	7,90	4,80	3,80	7,70	0,00	0,26

Fonte: Dados obtidos na pesquisa (2012)

Os tratos culturais adotados durante a execução do experimento foram de acordo com as práticas agrícolas adotadas pelos produtores da região. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio da aplicação dos herbicidas Atrazina (500 g L^{-1}) e Tembotriona (420 g L^{-1}). Para o controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith), utilizou-se os inseticidas Metomil (215 g L^{-1}) e Clorantraniliprole (200 g L^{-1}).

A dose de N foi parcelada. Aplicou-se 20% no plantio e os 80% restantes em duas coberturas, aos 25 e 45 dias após a emergência das plantas. A dose dos demais nutrientes (P_2O_5 e Zn), foi aplicada no plantio, sendo que a dose de zinco consistiu de $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$. As doses de N foram fornecidas por meio dos fertilizantes fosfatos monoamônio granulado (MAP) e ureia, para o fornecimento de P foram utilizados o (MAP) e o superfosfato triplo e, para o fornecimento de Zn, o sulfato de zinco.

3.4 Características avaliadas

A altura da planta foi aferida por meio de régua milimetrada e, o diâmetro da planta por meio de paquímetro. Após cada coleta, as plantas foram lavadas, sendo retirada uma amostra que foi pesada e posteriormente colocada em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65°C até atingir massa constante.

Após a pesagem das amostras para determinação da matéria seca, as mesmas foram trituradas em moinho, e acondicionadas em recipientes de plásticos para posterior determinação dos nutrientes.

Os nutrientes foram extraídos do tecido vegetal pelo método da digestão úmida (SILVA, 2009). Após a obtenção do extrato nítrico-perclórico foram determinados os teores de fósforo, cálcio, magnésio e zinco por espectrofotometria de absorção atômica, potássio por fotometria de chama e enxofre por turbidimetria do sulfato de bário (MALAVOLTA et al., 1997). Os teores de nitrogênio total foram determinados pelo método semimicro Kjeldahl (MALAVOLTA et al., 1997). O boro após a digestão por via seca, determinado por absorção molecular (método da curcumina) (MALAVOLTA et al., 1997).

3.5. Análise estatística

Os dados de matéria seca da parte aérea e de conteúdo de nutrientes na parte aérea, para cada época de amostragem foram submetidos às análises descritivas e de regressão, sendo calculados os valores para as médias e os respectivos intervalos de confiança. Nas análises de regressão, ajustou-se modelos de regressão não-linear que estimam os valores das variáveis dependentes em função das épocas de amostragem, onde Y representa a variável dependente, correspondendo aos acúmulos de matéria seca e de nutrientes e X, variável independente, representando as épocas de coleta das plantas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A matéria fresca da parte aérea das plantas de milho verde aumentou linearmente com o tempo, à uma taxa de crescimento de $21,63 \text{ g planta}^{-1}$ por dia, alcançando maior valor ($1.245 \text{ g planta}^{-1}$) aos 71 dias após a semeadura (Figura 1A). A equação de regressão explicou 95% da variação total dos dados.

Por ocasião da colheita, aos 71 dias, verificou-se uma produção total de matéria fresca da parte aérea igual a $44,51 \text{ ton ha}^{-1}$, sendo que as espigas contribuíram com apenas 34% desse valor (Tabela 7).

Borin et al. (2010), avaliando absorção, acúmulo e exportação de macronutrientes no milho doce cultivado em condições de campo, com uma população de $62.500 \text{ plantas ha}^{-1}$, encontraram acúmulo de matéria fresca de $728,54 \text{ g planta}^{-1}$ aos 81 dias após a emergência. O valor do presente trabalho encontra-se superior, porém as condições edáficas são diferentes e a fertilidade inicial do solo do presente trabalho encontra-se superior.

A comercialização da matéria fresca da planta de milho verde pode ser realizada de duas formas, comercializando a matéria fresca total da parte aérea para alimentação animal, ou comercializando separadamente, as espigas verdes para alimentação humana e, a palhada, que é composta por caule, folhas e pendão, para alimentação animal. No primeiro caso, no qual faz-se a comercialização da parte aérea total, considerando-se que, a tonelada de matéria fresca é comercializada a R\$ 120,00 e, no referido trabalho, foi obtida uma produção de $44,51 \text{ ton ha}^{-1}$ de matéria fresca (Tabela 7), obtem-se uma renda bruta de R\$ 5.341,2 sendo que, o custo de produção de um hectare de milho irrigado é em torno de R\$ 3.500, tem-se uma renda líquida de R\$ 1.841,2 por hectare de milho cultivado. No segundo caso, no qual comercializa-se separadamente espigas e palhada, considerando-se que a espiga é comercializada a R\$ 0,15 cada, com uma população de $37.037 \text{ planta ha}^{-1}$, obtem-se uma renda bruta de R\$ 3.750,00 e, a palhada, que no presente

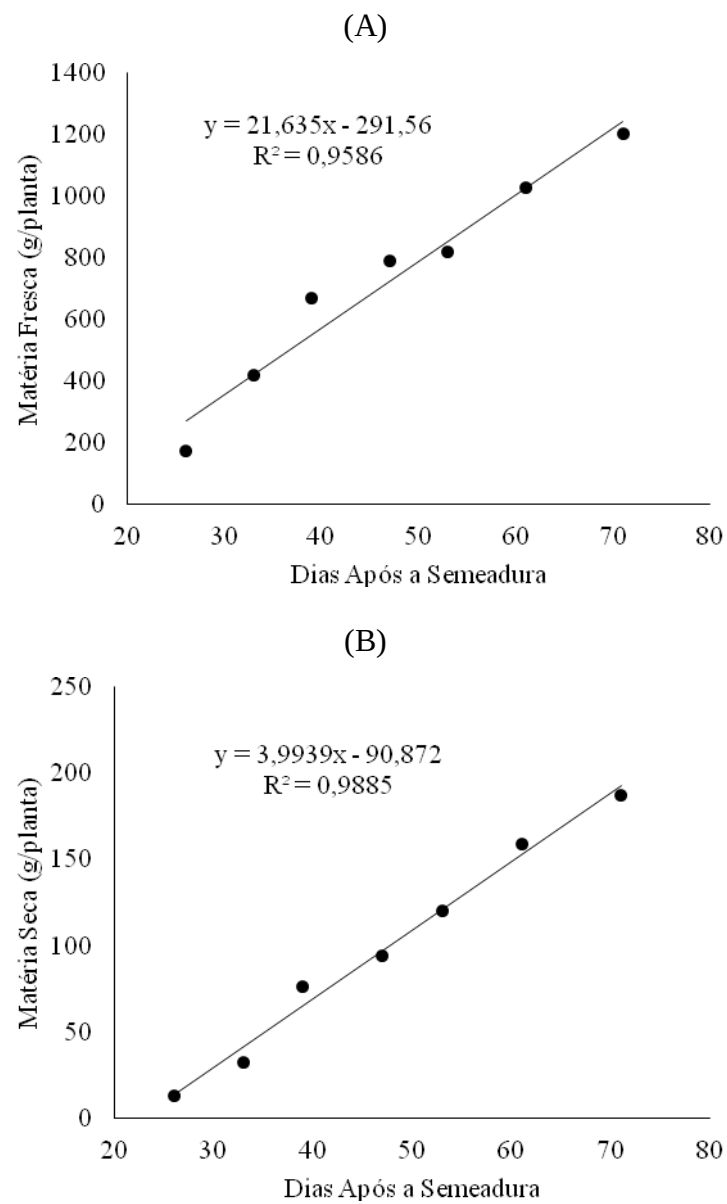


Figura 01 – Acúmulos de matéria fresca (A) e seca (B) do milho verde em função de dias após a semeadura.

Tabela 07 – Quantidades de matéria fresca e seca, teor de água na matéria fresca e quantidades de boro e zinco acumulados na parte aérea do milho verde colhido aos 71 dias após a semeadura

Parte da planta ⁽¹⁾	Matéria Fresca	Matéria seca (MS)	Teor de água na MF	Boro	Zinco
	----- t ha ⁻¹ -----	-----	%	----- g ha ⁻¹ -----	
Palhada	29,44 (66%)	5,89 (85%)	80	132,01	157,55
Espiga	15,07 (34%)	1,05 (15%)	93	13,97	48,81
Total	44,51 (100%)	6,94 (100%)	84	145,98	206,36

⁽¹⁾ Palhada = colmo + folhas + pendão. Espiga = palha + sabugo + grãos.

trabalho teve uma produção de 29,44 ton ha⁻¹ de matéria fresca (Tabela 7), sendo comercializada a R\$ 120,00 a tonelada, obtem-se uma renda bruta de R\$ 3.532,8 resultando em uma renda bruta de R\$ 7.282,80, palhada mais espigas, reduzindo-se a este valor o custo de produção por hectare que é de R\$ 3.500, tem-se a renda líquida de R\$ 3.782,80 por hectare de milho verde cultivado.

A matéria seca da parte aérea das plantas de milho verde aumentou linearmente com o tempo, à uma taxa de crescimento de 3,99 g planta⁻¹ por dia, alcançando maior valor (192,69 g planta⁻¹) aos 71 dias após a semeadura (Figura 1B). A equação de regressão explicou 98% da variação total dos dados.

Carvalho et al. (2014) observaram que a taxa de acúmulo de matéria seca pelas plantas de milho foi crescente até os 87 dias, atingindo o máximo aos 103 dias, com a variedade BR 106. De maneira semelhante, Bassoi (1990), em um cultivo de milho irrigado, verificou que o ponto de máximo acúmulo de matéria seca ocorreu aos 105 dias após a emergência.

Por ocasião da colheita, aos 71 dias, verificou-se uma produção total de matéria seca da parte aérea igual a 6,94 ton ha⁻¹, sendo que as espigas contribuíram com apenas 15% desse valor (Tabela 7).

Bassoi e Reichardt (1995) avaliando o acúmulo de matéria seca e de nitrogênio em milho cultivado no período de inverno, encontraram um acúmulo de matéria seca total de 222,74 g planta⁻¹ em condições irrigadas, aos 111 dias após a emergência, que corresponde ao estágio de grãos leitosos, valor superior ao da referida pesquisa. Essa superioridade provavelmente se deve às condições climáticas, tendo em vista que, a cultura permaneceu um maior período no campo, 111 dias, em relação ao período do presente trabalho, 71 dias, o que consequentemente possibilitou um maior período para absorção de nutrientes e acúmulo de matéria seca.

O diâmetro de caule aumentou com o tempo, até atingir ponto de máximo de 27,5 mm aos 45 dias após a semeadura, a partir deste período foi observado decréscimo, chegando a 18,42 mm aos 71 dias após a semeadura. Em termos percentuais, verifica-se uma redução de 33% no diâmetro de colmo (Figura 2A). Esse decréscimo deve estar provavelmente relacionado à remobilização de matéria seca do colmo do milho para o enchimento das espigas. Estudos realizados por Fernandes et al. (2005), avaliando resposta de milho a diferentes doses de nitrogênio, não identificaram diferenças no diâmetro do colmo das variedades, que alcançaram valores entre 18,02 e 19,81 mm, valores inferiores a esta pesquisa.

A altura de planta aumentou com o tempo, até atingir um ponto de máximo de 209,8 cm aos 71 dias após a semeadura (Figura 2B). Valor semelhante foi encontrado por Rocha et al. (2011), estudando efeitos da densidade de plantas no rendimento comercial de espigas verdes, com a mesma cultivar utilizada neste trabalho, AG 1051, encontraram altura média de 209 cm planta⁻¹.

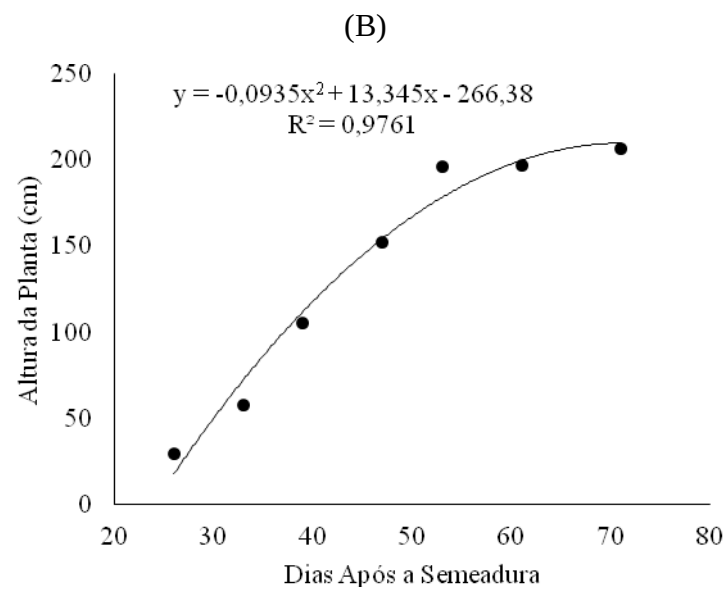
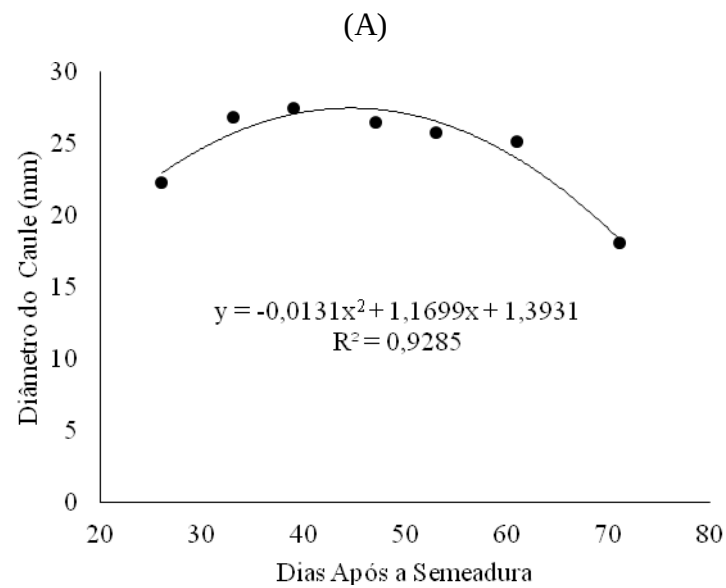


Figura 02 – Variação nos valores de diâmetro do caule (A) e de altura da planta (B) do milho verde em função de dias após a semeadura.

O nitrogênio (N) acumulado na parte aérea da planta aumentou linearmente com o tempo, à taxa de $0,0612 \text{ g planta}^{-1}$ por dia (Figura 3A). Por ocasião da colheita do milho aos 71 dias após a semeadura, o acúmulo total de N na cultura do milho foi de $112,25 \text{ kg ha}^{-1}$, sendo $95,57 \text{ kg ha}^{-1}$ de N na parte aérea vegetativa e $16,68 \text{ kg ha}^{-1}$ de N na espiga (Tabela 8). O acúmulo de N seguiu a mesma tendência linear do acúmulo da matéria seca (Figuras 1B e 3A).

Andrade et al. (1975) observaram que o máximo acúmulo de nitrogênio ocorreu próximo à maturidade fisiológica, cerca de 6 a 8 dias antes da maturidade fisiológica, em torno de 90 a 100 dias após a emergência, sendo que, na maturidade fisiológica ocorreu máximo acúmulo de matéria seca. Do mesmo modo, Von Pinho et al. (2009) verificaram que o acúmulo de nitrogênio apresentou comportamento crescente e linear até os estádios finais de desenvolvimento, quando foram obtidos os valores máximos e, quanto ao acúmulo de matéria seca, os autores também obtiveram próximo à maturidade fisiológica.

Gava et al. (2010) avaliando a produção de fitomassa e o acúmulo de nitrogênio em milho, obtiveram um acúmulo deste nutriente na parte aérea de $186,3 \text{ kg ha}^{-1}$, utilizando a dose de cobertura de 100 kg ha^{-1} , valor superior ao da referida pesquisa. Essa superioridade pode estar relacionada à adubação, pois o presente trabalho contou com uma adubação total de nitrogênio de 90 kg ha^{-1} , enquanto no trabalho de Gava et al. (2010), 125 kg ha^{-1} .

O acúmulo de fósforo (P) aumentou linearmente com o tempo. Para cada dia após a semeadura, o acúmulo de P na matéria seca aumentou $0,0043 \text{ g planta}^{-1}$, alcançando maior valor ($0,20 \text{ g planta}^{-1}$) aos 71 dias após a semeadura (Figura 3B). Por ocasião da colheita, aos 71 dias após a semeadura, verificou-se um acúmulo total de P na cultura do milho verde igual a $7,70 \text{ kg ha}^{-1}$ (Tabela 8), sendo $3,97 \text{ kg ha}^{-1}$ acumulado na parte vegetativa e $3,74 \text{ kg ha}^{-1}$ na espiga.

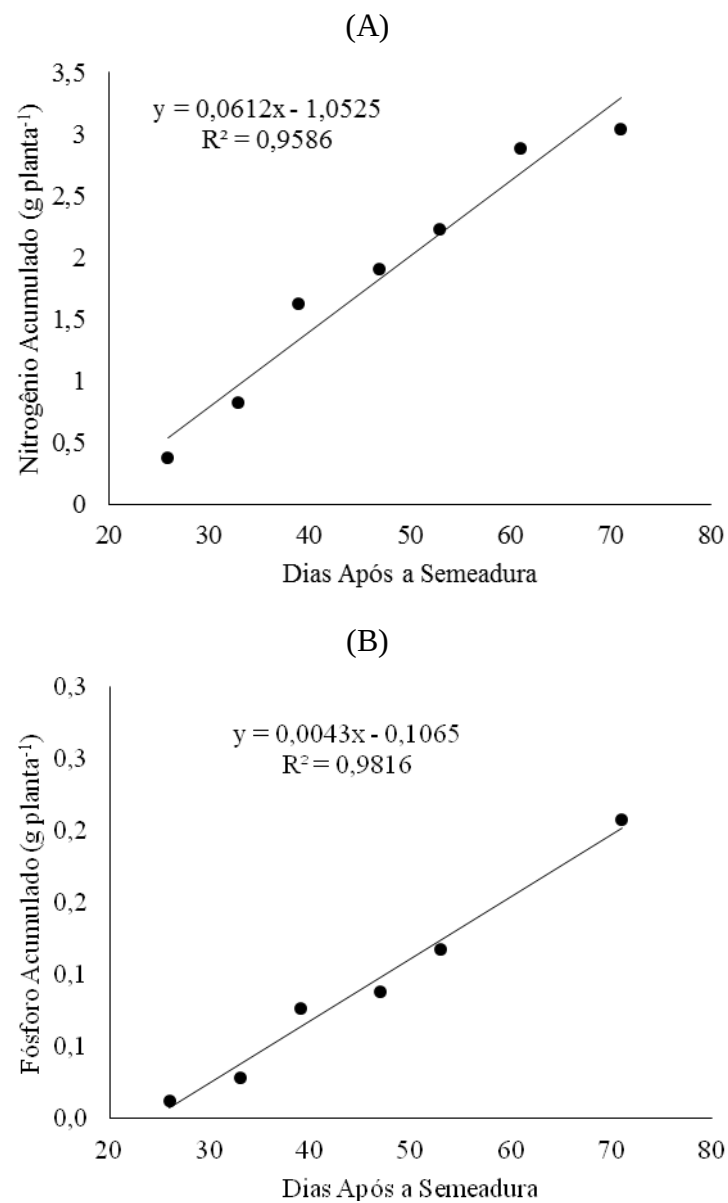


Figura 03 – Variação dos conteúdos de nitrogênio (A) e de fósforo (B) acumulados na matéria seca da parte aérea da planta do milho verde em função de dias após a semeadura.

Tabela 08 – Quantidades de macronutrientes acumulados na parte aérea do milho verde colhido aos 71 dias após a semeadura

Parte da planta ⁽¹⁾	N	P	K	Ca	Mg	S
----- kg ha ⁻¹ -----						
Palhada	95,57	3,97	120,67	11,44	6,43	11,86
Espiga	16,68	3,74	20,36	1,96	1,10	0,87
Total	112,25	7,70	141,03	13,40	7,53	12,74

⁽¹⁾Palhada = colmo + folhas + pendão. Espiga = palha + sabugo + grãos.

Duarte et al. (2003) verificaram semelhança entre os períodos de acúmulo de matéria seca e de fósforo. Vasconcellos et al. (1983) utilizando a cultivar BR105 com e sem irrigação suplementar e a cultivar BR126 com irrigação suplementar, verificaram que o máximo acúmulo de fósforo ocorreu no final do ciclo da cultura. Estando de acordo com Von Pinho et al. (2009), que observou comportamento crescente e linear para o acúmulo de fósforo, havendo aumento significativo nos totais de fósforo acumulado nos estádios finais.

Sá et al. (2011) avaliando a extração de nutrientes e produtividade de genótipos de milho, verificaram um acúmulo de fósforo de 28,27 kg ha⁻¹ para a cultivar AG 9020, sem adição de palha, valor superior ao da referida pesquisa. Essa superioridade provavelmente está relacionada à época de colheita, na presente pesquisa, o milho foi colhido verde e, no trabalho de Sá et al. (2011) foi colhido na maturidade fisiológica, haja vista que, neste estágio fenológico as plantas apresentam maior acúmulo de nutrientes.

O potássio (K) acumulado na parte aérea da planta de milho verde aumentou linearmente com o tempo, à taxa de 0,0777 g planta⁻¹ por dia (Figura 4A). Por ocasião da colheita do milho, aos 71 dias após a semeadura, o acúmulo total de K na cultura do milho foi de 141,03 kg ha⁻¹, sendo 120,67 kg ha⁻¹ de K na parte aérea vegetativa e 20,36 kg ha⁻¹ de K na espiga (Tabela 8).

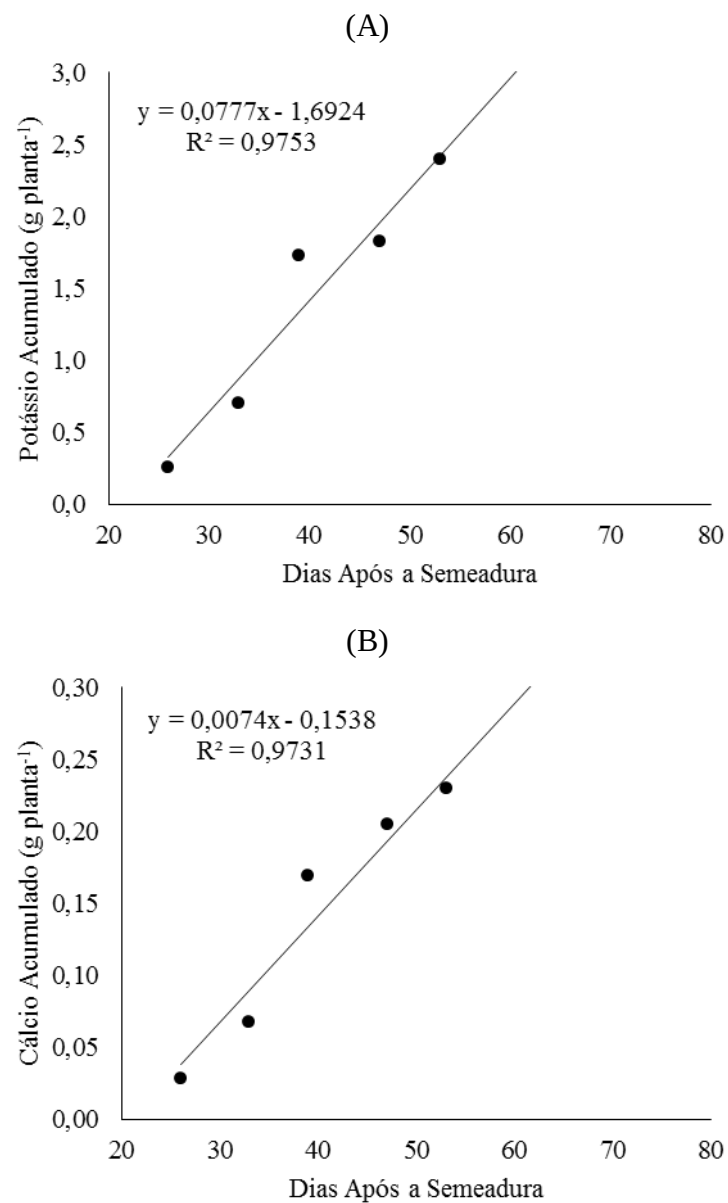


Figura 04 – Variação dos conteúdos de potássio (A) e de cálcio (B) acumulados na matéria seca da parte aérea da planta do milho verde em função de dias após a sementeira.

Andrade et al. (1975) verificaram que o acúmulo máximo de potássio ocorreu mais cedo em relação ao nitrogênio e ao fósforo, em torno de 60 dias após emergência de plantas. Complementando, Ritchie et al. (2003), demonstraram que a absorção de potássio é completada após o florescimento, divergindo dos comportamentos apresentados pelo nitrogênio e pelo fósforo que seguem a mesma dinâmica da matéria seca. Conforme Ritchie et al. (2003), a absorção destes nutrientes, nitrogênio e fósforo, continua até próximo da maturidade fisiológica.

Sousa et al. (2010) avaliaram o acúmulo de nutrientes na mesma cultivar de milho empregada neste trabalho (cultivar AG 1051), em condições de irrigação com água de salinidade de $0,8 \text{ dSm}^{-1}$. Esses autores encontraram acúmulo de $149,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de potássio na parte aérea da planta, valor superior ao da referida pesquisa, porque utilizaram uma população de plantas maior (62.500 plantas por hectare). Além disso, realizaram a colheita aos 90 dias após a semeadura, portanto 19 dias após a época de colheita adotada neste trabalho, que foi de 71 dias após a semeadura.

O acúmulo de cálcio (Ca) aumentou linearmente com o tempo. Para cada dia após a semeadura, o acúmulo de Ca na matéria seca aumentou $0,0074 \text{ g planta}^{-1}$, alcançando maior valor ($0,37 \text{ g planta}^{-1}$) aos 71 dias após a semeadura (Figura 4B). Por ocasião da colheita, aos 71 dias, observou-se um acúmulo total de Ca na cultura do milho verde igual a $13,40 \text{ kg ha}^{-1}$ (Tabela 8), sendo $11,44 \text{ kg ha}^{-1}$ acumulado na parte vegetativa e $1,96 \text{ kg ha}^{-1}$ na espiga.

Com relação aos períodos de maior acumulação de cálcio, Andrade et al. (1975) e Vasconcellos et al. (1983) obtiveram valores máximos antes da maturidade fisiológica, entre 75 e 94 e, entre 110 e 136 dias após emergência respectivamente.

Marcelo et al. (2012) verificaram um acúmulo de cálcio em grãos de milho de $2,9 \text{ kg ha}^{-1}$, valor superior ao encontrado na presente pesquisa para o acúmulo de cálcio em espigas, $1,96 \text{ kg ha}^{-1}$ (Tabela 8), essa superioridade pode estar relacionada ao estágio fenológico, tendo em conta que, na presente pesquisa as espigas foram colhidas com grãos no estágio leitoso e, no trabalho de Marcelo et al.

(2012), na maturidade fisiológica, apresentando assim, uma maior concentração de matéria seca e de nutrientes.

O magnésio (Mg) acumulado na parte aérea da planta de milho verde aumentou linearmente com o tempo, à taxa de $0,0037 \text{ g planta}^{-1}$ por dia (Figura 5A). Por ocasião da colheita do milho, aos 71 dias após a semeadura, o acúmulo total de Mg na cultura do milho foi de $7,53 \text{ kg ha}^{-1}$, sendo $6,43 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mg na parte aérea vegetativa e $1,10 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mg na espiga (Tabela 8).

Andrade et al. (1975), trabalhando com cinco cultivares de milho, observaram que, para a maioria das variedades, o máximo acúmulo de magnésio ocorreu no final do ciclo, aos 120 dias e Von Pinho et al. (2009) também encontram maior acúmulo de magnésio no final do ciclo de cultivo.

Sá et al. (2011) encontraram um acúmulo de magnésio de $37,77 \text{ kg ha}^{-1}$, com a variedade AG 9020, sem adição de palha, valor superior ao do presente trabalho, $7,53 \text{ kg ha}^{-1}$, (Tabela 8). Essa superioridade pode estar relacionada ao estágio fenológico, visto que, na presente pesquisa as espigas foram colhidas com grãos no estágio leitoso e, no trabalho de Sá et al. (2011), na maturidade fisiológica, apresentando assim, uma maior concentração de matéria seca e de nutrientes. Além disso, as densidades de plantio são diferentes, na referida pesquisa, $37.037 \text{ plantas ha}^{-1}$ e, no trabalho de Sá et al. (2011), $57.500 \text{ plantas ha}^{-1}$.

Ao contrário dos demais macronutrientes, o acúmulo de enxofre aumentou muito pouco até 47 dias após a semeadura, quando a partir dessa data observou-se que os incrementos nos acúmulos de enxofre foram muito elevados (Figura 5B). Por ocasião da colheita, aos 71 dias após a semeadura, verificou-se um acúmulo total de enxofre na cultura do milho verde igual a $12,74 \text{ kg ha}^{-1}$ (Tabela 8), sendo $11,86 \text{ kg ha}^{-1}$ acumulado na parte vegetativa e $0,87 \text{ kg ha}^{-1}$ na espiga.

Von Pinho et al. (2009) e Andrade et al. (1975) observaram que o máximo acúmulo de enxofre ocorreu antes do final do ciclo de cultivo, aos 125 dias (grãos farináceos) e, entre 93 e 95 dias após emergência de plantas respectivamente.

Fernandes et al. (1999) avaliando a produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho, utilizando a dose de cobertura de nitrogênio de 60 kg ha^{-1} , em sistema de preparo do solo convencional com arado de disco,

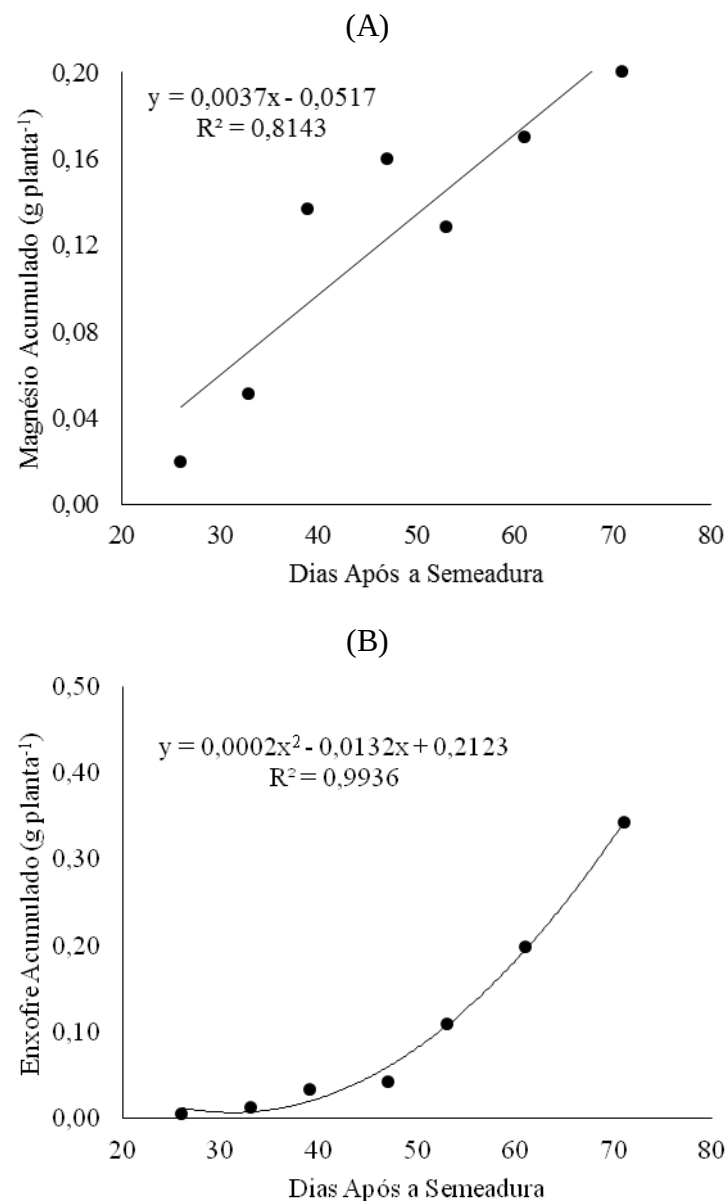


Figura 05 – Variação dos conteúdos de magnésio (A) e de enxofre (B) acumulados na matéria seca da parte aérea da planta do milho verde em função de dias após a semeadura.

observaram um acúmulo de enxofre em grãos de milho de $3,54 \text{ kg ha}^{-1}$. Valor superior ao acúmulo de enxofre em espigas do presente trabalho, $0,87 \text{ kg ha}^{-1}$ (Tabela 8). Essa superioridade pode estar relacionada às condições edáficas, o solo do experimento do presente trabalho apresenta baixo teor de matéria orgânica, em torno de 1,7%, enquanto no solo do experimento de Fernandes et al. (1999), superior a 4%. Considerando que, 75% do enxofre existente no solo é componente da matéria orgânica (SANTOS et al., 1981), conseqüentemente, um maior teor de matéria orgânica provavelmente pode contribuir para um maior acúmulo de enxofre.

O acúmulo de boro (B) aumentou linearmente com o tempo. Para cada dia após a semeadura, o acúmulo de B na matéria seca aumentou $0,0831 \text{ mg planta}^{-1}$ por dia, alcançando maior valor ($3,82 \text{ mg planta}^{-1}$) aos 71 dias após a semeadura (Figura 6A). Por ocasião da colheita, aos 71 dias, verificou-se um acúmulo total de B na cultura do milho verde igual a $145,98 \text{ g ha}^{-1}$ (Tabela 7), sendo $132,01 \text{ g ha}^{-1}$ acumulado na parte vegetativa e $13,97 \text{ g ha}^{-1}$ na espiga.

De um modo geral, há escassez de informações acerca do acúmulo de boro em função da idade da planta, a maioria dos trabalhos são relacionados à resposta de adubação com esse micronutriente, provavelmente devido às dificuldades para realização de análises laboratoriais, o que pode acarretar em resultados pouco consistentes (BORGES, 2006).

Borges, (2006) verificaram que o máximo acúmulo de boro ocorreu nos estádios finais do ciclo de cultivo. Duarte et al. (2003) observaram que o período de máximo acúmulo de boro ocorreu próximo ao período de máximo acúmulo de matéria seca.

Com relação à quantidade de boro acumulada, Maggio (2006) e Borges et al. (2009) observaram acúmulo de boro de $3,21$ e $1,92 \text{ mg planta}^{-1}$ respectivamente, aos 92 dias após o plantio e aos 85 dias após a emergência de plantas respectivamente, que correspondem ao estágio de grãos na forma leitosa, valores inferiores ao da referida pesquisa, $3,82 \text{ mg planta}^{-1}$. Essa inferioridade pode ter ocorrido por tratar-se de variedades diferentes, provavelmente a variedade AG 1051 apresenta uma maior exigência em boro.

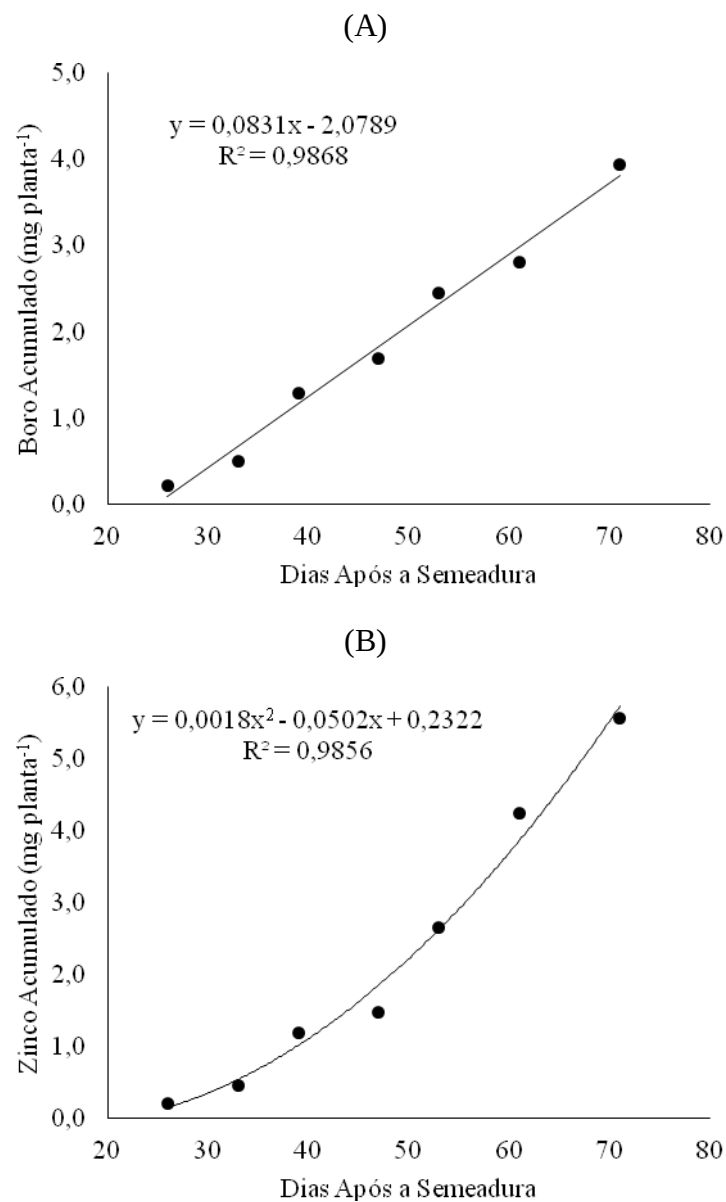


Figura 06 – Variação dos conteúdos de boro (A) e de zinco (B) acumulados na matéria seca da parte aérea da planta do milho verde em função de dias após a semeadura.

Semelhante ao enxofre, o acúmulo de zinco aumentou muito pouco até 47 dias após a semeadura, quando a partir dessa data observou-se que os incrementos nos acúmulos de zinco foram muito elevados (Figura 6B). Por ocasião da colheita, aos 71 dias após a semeadura, verificou-se um acúmulo total de zinco na cultura do milho verde igual a 206,36 g ha⁻¹ (Tabela 7), sendo 157,55 g ha⁻¹ acumulado na parte vegetativa e 48,81 g ha⁻¹ na espiga.

Borges (2006) avaliando dois híbridos de milho, verificaram que o máximo acúmulo de zinco ocorreu na maturidade fisiológica. De modo similar, Andrade et al. (1975) observaram que o máximo acúmulo de zinco ocorreu próximo à maturidade fisiológica e, Vasconcellos et al. (1983) utilizando a cultivar BR 105, observaram que o máximo acúmulo de zinco ocorreu no final do ciclo.

Maggio (2006) verificaram um acúmulo de zinco de 252, 92 g ha⁻¹ na planta inteira, aos 92 dias após o plantio, que corresponde ao estágio de grão leitoso. O valor observado por Maggio (2006), encontra-se superior ao da referida pesquisa, 206,36 g ha⁻¹ (Tabela 7). Essa superioridade provavelmente se deve à densidade de plantio, haja vista que, no trabalho de Maggio (2006) utilizou-se densidade de 55.000 plantas ha⁻¹, enquanto que na referida pesquisa 37.037 plantas ha⁻¹.

5. CONCLUSÕES

Os acúmulos das matérias fresca e seca da parte aérea da planta de milho aumentaram linearmente com o tempo até a época da colheita aos 71 dias após a semeadura (DAS), alcançando a produtividade de 44,51 t ha⁻¹ de matéria fresca.

As marchas de acúmulos de nutrientes na parte aérea do milho seguiram a mesma tendência das matérias fresca e seca, com maiores acúmulos de nutrientes aos 71 DAS.

Por ocasião da colheita, a ordem decrescente de acúmulo de nutrientes na parte aérea (espiga + palhada) foi: potássio > nitrogênio > cálcio > enxofre > fósforo > magnésio > zinco > boro. Nas espigas, essa ordem foi: potássio > nitrogênio > fósforo > cálcio > magnésio > enxofre > zinco > boro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. **Micronutrientes**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Eds. Fertilidade do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.645-736, 2007.

ALBUQUERQUE, C. J. B; VON PINHO, R. G; SILVA, R. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.24, n.2, p.69-76, 2008.

ANDRADE, A. G.; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D.; SARRUGE, J. R. Acumulação diferencial de nutrientes em cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.) I - Acumulação de macronutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz**, Piracicaba, v. 32, p.115-149, 1975.

ANDRADE, A. G.; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D.; SARRUGE, J. R. Acumulação diferencial de nutrientes em cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.). II - Acumulação de micronutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz**, Piracicaba, v. 32, p.150-172, 1975.

ASSIS, J. P.; DOURADO NETO, D.; NASS, L. L.; MANFRON, P. A.; BONNECARRERE, R. A. G.; MARTIN, T. N. Simulação estocástica de atributos do clima e da produtividade potencial de milho utilizando-se distribuição triangular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.3, p.539-543, 2006.

BASSOI, L. H. **Lixiviação e acumulação de macronutrientes pelo milho (*Zea mays* L.) com e sem irrigação suplementar**. 1990.102f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) Universidade Estadual Paulista.

BASSOI, L. H.; REICHARDT, K. Acúmulo de matéria seca e de nitrogênio em milho cultivado no período de inverno com aplicação de nitrogênio no solo e via água de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.12, p.1361-1373, 1995.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. A. M.; PEREIRA, P. G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.2, p.243-249, 2006.

BERLATO, M.; MATZENAUER, R.; SUTILI, V. R. Relação entre temperatura e o aparecimento de fases fenológicas do milho. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.20, n.1, p.111-132, 1984.

BORGES, I. D. **Marcha de absorção de nutrientes e acúmulo de matéria seca em cultivares de milho**. 2006. 115f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras.

BORGES, I. D.; VON PINHO, R. G.; PEREIRA J. L. A. R. Micronutrients accumulation at different maize development stages. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.4, p.1018-1025, 2009.

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.

BULL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: Fatores que afetam a produtividade. Eds. Piracicaba: Potafós, 1993. 301p.

CAMPBELL, C.A.; BIEDERBECK, V.O.; ZENITNER, R.P.; LAFOND, G.P. Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respirations in a thin back chernozem. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.71, n.3, p.363-376, 1991.

CARVALHO, L. B.; BORGES, S.; BIANCO, M. S. Estudo comparativo do acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de *Zea mays* e *Ipomea hederifolia*. **Planta daninha**, Viçosa, v.32, n.2, p.99-107, 2014.

CASTRO, R. S. de. **Rendimentos de espigas verdes e de grãos de cultivares de milho após a colheita da primeira espiga como minimilho**. 2010. 90f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2010.

COELHO, A. M. Nutrição e adubação do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10p. (**Circular Técnica, 78**).

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Levantamento da produção de grãos**: safra 2013/14. 2015. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 05 jun. 2015.

CPRM - **Serviço Geológico do Brasil**. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Mossoró, Estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM/ PRODEEM, 2005.11p.

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

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

FANCELLI, A. L. **Plantas Alimentícias**: guia para estudos e discussão. Piracicaba: CALQ, 1986. 131p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de Milho**. Guaíba; Porto Alegre: Agropecuária, 2000. 360p.

FARIA, C. M. B.; FONTES, R. R. Nutrição e Adubação. In: SILVA, H. R.; COSTA, N. D. **Melão, produção e aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Hortaliças, Embrapa Semi-Árido, Embrapa Informação Tecnológica, p.40-50, 2003.

FERNANDES, F. C. S.; BUZETTI, S.; ORIVALDO, A. R. F.; ANDRADE, J. A. C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, n.2, p.195-204, 2005.

FERNANDES, L. A.; VASCONCELLOS, C. A.; FURTINI NETO, A. E. ROSCOE, R.; GUEDES, G. A. A. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.34, n.9, p.1691-1698, 1999.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2008. 421p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**. Viçosa: UFV, 2000. 402p.
FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Production**: crops. 2012. Disponível em: <www.faostat.fao.org>. Acesso em: 29 mar. 2012

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

FORSTHOFER, E. L.; SILVA, P. R. F. DA; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L.; SUHRE, E.; RAMBO, L. Desenvolvimento fenológico e agrônômico de três híbridos de milho em três épocas de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1341-1348, 2004.

FRANÇA, G. E.; COELHO, A. M. Adubação do milho para silagem. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A.; FERREIRA, J. J. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, p.53-83, 2001.

GADIOLI, J. L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA, A. G.; BASANTA, M. V. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.3, p.377-383, 2000.

GAVA, G. J. C.; OLIVEIRA, M. W.; SILVA, M. A.; JERÔNIMO, E M.; CRUZ, J. C. S.; TRIVELIN, P. C. O. Produção de fitomassa e acúmulo de nitrogênio em milho cultivado com diferentes doses de ¹⁵N-ureia. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, n.4, p.851-862, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 10 jun. 2013.

LOZADA, B. I.; ANGELOCCI, L. R. Efeito da temperatura do ar e da disponibilidade hídrica do solo na duração de subperíodos e na produtividade de um híbrido de milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p.37-43, 1999.

MAGGIO, M. A. **Acúmulo de massa seca e extração de nutrientes por plantas de milho doce híbrido 'Tropical'**. 2006. 56f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) Instituto Agronômico de Campinas.

MAIA, M. C. C.; SILVA, P. S. L. Parcelamento da adubação nitrogenada e matéria seca do milho. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.14, n.1/2, p.53-63, 2001.

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

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

MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, C. Sequência de culturas em sistema de semeadura direta. I - Produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, n.5, p.1553-1567, 2012.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2009. 468 p.

NEL, P.C.; SMITH, N.S.H. Growth and development stages in the growing maize plant. **Farming in South Africa**, p.1-7, 1978.

OLARI, I. C. R.; UMBURANAS, R. C.; ESCHENBACK, V.; KAWAKAMI, J. Efeito da restrição de luz solar e aumento da temperatura no crescimento de plantas de rabanete. **Pesquisa & Agrotecnologia**, Guarapuava, v.3, n.3, p.83-88, 2010.

OLIVEIRA, P.; NASCENTE, A. S.; KLUTHCOUSKI, J.; PONTES, T. Crescimento e produtividade de milho em função da cultura antecessora. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v.43, n.3, p. 239-246, 2013.

PAES, D. C. M. Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho. Sete Lagoas: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006. 5p. (**Circular Técnica 75**).

PAIVA, M. R. F. C.; DA SILVA, G. F.; OLIVEIRA, F. H. T.; PEREIRA, R. G.; QUEIROGA, F. M. Doses de nitrogênio e de fósforo recomendadas para produção econômica de milho-verde na Chapada do Apodi. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n.4, p.1-10, 2012.

PAULETTI, V. **Nutrientes**: teores e interpretações. 2. ed. Castro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica e Agropecuária, 2004. 86p.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. **Colheita transporte e comercialização do milho verde**. In PEREIRA FILHO, I. A. O cultivo do milho-verde. 1. ed. Viçosa: UFV, 2003. 204p.

PONCIANO, N. J.; SOUZA, P. M.; REZENDE, A. M. Entraves da comercialização à competitividade do milho brasileiro. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n.104, p.23-40, 2003.

RITCHIE, S. V.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Potafós: Informações Agronômicas, n.103, Arquivo do agrônomo, n.15, 2003.

ROCHA, D. R.; FORNASIER FILHO, D.; BARBOSA, J. C. Efeitos da densidade de plantas no rendimento comercial de espigas verdes de cultivares de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 392-397, 2011.

SÁ, J. C. M.; FERREIRA, A. O.; BRIEDIS, C.; VIEIRA, A. M.; FIGUEIREDO, A. G. Extração de nutrientes e produtividade de genótipos de milho afetados por níveis de palha. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.33, n.4, p.715-722, 2011.

SANGOI, L.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L. C. Acúmulo de matéria seca em híbrido de milho sob diferentes relações fonte e dreno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.3, p.259-267, 2002.

SANTOS, A. A.; VIANA, F. M. **Mancha-aquosa do melão**. Fortaleza: EMBRAPA, 2000, 2p.

SANTOS, H. L.; VASCONCELOS, C. A.; FRANÇA, G. E.; NOGUEIRA, F. D. Correção e adubação do solo: Enxofre. **Informações Agropecuárias**, Belo Horizonte, v.7, n.81, p.53-54, 1981.

SANTOS, I. C.; MIRANDA, G. V; MELO, A. V; MATTOS, R. N; OLIVEIRA, L. R; LIMA, J. S; GALVÃO, J. C. C. Comportamento de cultivares de milho produzido organicamente e correlações entre características das espigas colhidas no estágio verde. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, n.1, p. 45-53, 2005.

SILVA, F. C. **Manual de Análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

SILVA, G. J.; GUIMARÃES, C. T.; PARENTONI, S.N.; RABEL, M.; LANA, U. G. P.; PAIVA, E. Produção de haplóides androgenéticos em milho. EMBRAPA Milho e Sorgo, 2009. 17p. (**Documentos 81**).

SILVA, P. S. L; SOUSA, A. F; SILVA, E. S. Rendimento de espigas verdes e de grãos de milho em resposta à seleção massal estratificada. **Revista Ceres**, Viçosa, v.49, n.286, p.641-655, 2002.

SOUSA, G. G.; LACERDA, C. F.; CAVALCANTE, L. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; BEZERRA, M. E. J.; SILVA, G. L. Nutrição mineral e extração de nutrientes de planta de milho irrigada com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.11, p.1143-1151, 2010.

SOUZA FILHO, A. L. **Adubação nitrogenada e fosfatada em milho cultivado em sucessão ao meloeiro**. 2013. 45f. Dissertação (Mestrado em Solos) Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2013.

STIPP, S. R.; YAMADA, T. **Nutrição e adubação do milho**. Informações Agrônomicas, Piracicaba, v.14, n.43, p.3-6, 1988.

STONE, P.J.; SORENSEN, I.B.; JAMIESON, P.D. Effect of soil temperature on phenology, canopy development, biomass and yield of maize in a cool-temperate climate. **Field Crops Research**, Hastings, v.63, n.2, p.169-178, 1999.

UENO, R. K.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; BASI, S.; ROSÁRIO, J. G. Dinâmica dos nutrientes do solo em áreas destinadas à produção de milho para forragem. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v.4, n.1, p.182-203, 2011.

UENO, R. K.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; REINEHR, L. L.; POCZYNEK, M.; MICHALOVICZ, L. Exportação de macronutrientes do solo em área cultivada com milho para alimentação de bovinos confinados. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n.6, p.3001-3018, 2013.

VALE, J. C; FRITSCH NETO, R; SILVA, P. S. L. Índice de seleção para cultivares de milho com dupla aptidão: minimilho e milho verde. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.4, p.781-787, 2011.

VASCONCELLOS, C. A.; BARBOSA, J. V. A.; SANTOS, H. L.; FRANÇA, G. E. Acumulação de massa seca e de nutrientes por duas cultivares de milho com e sem irrigação suplementar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.8, p. 887-901, 1983.

VON PINHO, R. G.; BORGES, I. D.; ANDRADE, J. L. 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.