



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

ANTÔNIO ROBERTO ALVES JÚNIOR

**EFICIÊNCIA DO USO DO FÓSFORO PELA MELANCIA (cv. 'Magnum') SOB
ADUBAÇÕES FOSFATADAS EM FUNDAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO**

MOSSORÓ – RN

2017

ANTÔNIO ROBERTO ALVES JÚNIOR

**EFICIÊNCIA DO USO DO FÓSFORO PELA MELANCIA (cv. ‘Magnum’) SOB
ADUBAÇÕES FOSFATADAS EM FUNDAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Eng^o Agr^o Prof. D. Sc. Sérgio
Weine Paulino Chaves – UFERSA

MOSSORÓ – RN
2017

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

A474e Alves Júnior, Antônio Roberto.

Eficiência do uso do fósforo pela melancia (cv. 'Magnum') sob adubações fosfatadas em fundação e fertirrigação / Antônio Roberto Alves Júnior. - 2017.

34 f. : il.

Orientador: Sérgio Weine Paulino Chaves.

Coorientador: José Francismar de Medeiros.

Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2017.

1. Citrullus lanatus. 2. Eficiência. 3. Fósforo. I. Chaves, Sérgio Weine Paulino, orient. II. Medeiros, José Francismar de, co-orient. III. Título.

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

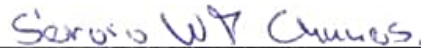
ANTÔNIO ROBERTO ALVES JÚNIOR

**EFICIÊNCIA DO USO DO FÓSFORO PELA MELANCIA (cv. 'Magnum') SOB
ADUBAÇÕES FOSFATADAS EM FUNDAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

APROVADA EM: 22 / 05 / 2017.

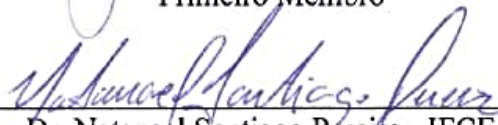
BANCA EXAMINADORA



Dr. Sérgio Weine Paulino Chaves - UFERSA
Presidente



Dr. José Francismar de Medeiros - UFERSA
Primeiro Membro



Dr. Natanael Santiago Pereira - IFCE
Segundo Membro

Aos meus amados pais, Antônio Roberto Alves e Suraia Patrice de Lima Peixoto Alves por toda dedicação e empenho para que eu chegasse até aqui e o esforço de uma vida dedicada aos seus filhos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus por me conceder o dom da vida, saúde, paz, alegria, determinação, por abençoar e iluminar meus caminhos.

Aos meus pais, Antônio Roberto Alves e Suraia Patrice de Lima Peixoto Alves, pelo amor, carinho, confiança, exemplo e apoio constante, fazendo com que meus estudos fossem a sua prioridade.

Aos meus irmãos Rosiane Samara, Marcos Arthur e Samuel pela amizade e companheirismo.

Aos meus sobrinhos Leonardo e Laís, que ainda estão no início de suas jornadas, mas já fazem parte desta história.

Aos meus Avós paternos Gilberto Alves Maia (*In memorian*) e Maria Ivete Alves (*In memorian*), que foi fundamental na minha vinda para Mossoró.

Aos meus avós maternos Sebastião Delmiro Peixoto e Lúcia Maria de Lima Peixoto, que sempre me apoiaram.

À minha namorada Marília Graziella Dantas de Moura, o melhor presente que a universidade poderia ter me dado. Obrigado pelo teu carinho, tua alegria, tua atenção, tua vibração com as minhas conquistas e teu ombro em cada momento difícil.

Aos meus tios e tias, em especial Firmino, Auxiliadora, Vilani e Fátima e aos meus primos e primas, em especial Vinícius, Gustavo e Gabriela, que me acolheram e apoiaram quando precisei.

Ao professor orientador Sérgio Weine Paulino Chaves, pela sua humildade, simplicidade, compreensão, ensinamentos e amizade em todas etapas de realização deste trabalho.

Ao professor coorientador José Francismar de Medeiros, pela sua confiança, dedicação e ensinamentos.

A todos da UFERSA que de alguma forma contribuíram para este trabalho, Natanael Santiago, Pedro Maurício, Nicolás Araújo, Cristiane Alves, Girolando Júnior, Flavinícios, Gustavo e Ana Cláudia.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), pela oportunidade de realizar o presente curso e por toda a estrutura para realização de pesquisas científicas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos e apoio financeiro ao desenvolvimento da pesquisa.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a construção deste trabalho, que aqui não estão citados, mas que jamais serão esquecidos.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

ALVES JÚNIOR, Antônio Roberto. **Eficiência do uso do fósforo pela melancia (cv. ‘Magnum’) sob adubações fosfatadas em fundação e fertirrigação.** 2017. 34f. Monografia – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró – RN, 2017.

A cultura da melancia tem grande importância social e econômica para o estado do Rio Grande do Norte, especialmente o polo agrícola Assú-Mossoró, gerando divisas para o estado, empregos diretos e indiretos e desempenhando papel fundamental na permanência do produtor no campo. Contudo, os produtores da região não dispõem de informações sobre as doses necessárias de nutrientes para alcançar o máximo rendimento da melancia, principalmente em relação aos novos híbridos introduzidos na região. Dessa forma, grande parte dos produtores acabam aplicando altas quantidades de fertilizantes, maiores do que as necessárias para o rendimento máximo, aumentando assim os custos de produção e os danos causados ao meio ambiente podendo tornar essa prática agrícola insustentável. Dentro deste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência do uso do fósforo pela melancia cultivada com diferentes doses de fósforo em fundação e fertirrigação. Para isto, foi realizado o plantio da melancia cultivar ‘Magnum’ em Upanema-RN, durante o período de setembro e dezembro de 2013. O delineamento experimental foi blocos casualizados, em esquema fatorial $(4 \times 2) + 1$, com quatro repetições, constituindo-se respectivamente de quatro doses de fósforo (76, 168, 275 e 397 kg/ha de P_2O_5), duas formas de aplicação [fundação e fundação + fertirrigação] e um tratamento adicional sem aplicação de fósforo. A adubação em fundação com a dose de 76 kg/ha apresentou os maiores valores para a eficiência fisiológica e eficiência de utilização do P. Entretanto, para a eficiência agrônômica e eficiência de recuperação aparente não houve diferença significativa para as formas de aplicação, apenas para doses. A dose de 76 kg/ha de P_2O_5 foi a que mais incrementou as eficiências, contudo a produtividade máxima foi obtida com a dose estimada de 290 kg/ha.

Palavras-chaves: *Citrullus lanatus*. Eficiência. Fósforo.

ABSTRACT

ALVES JÚNIOR, Antônio Roberto. **Phosphorus use efficiency by watermelon (cv. 'Magnum') under phosphate fertilization in foundation and fertigation.** 2017. 34f. Monografia – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró – RN, 2017.

Watermelon has a major social and economic importance for the state of Rio Grande do Norte, Brazil, especially the agricultural region of Assú-Mossoró, generating revenues, jobs and playing an important role to keep farmers in the field. However, local farmers do not have the information about necessary nutrient dosage to achieve maximum watermelon yield, mainly regarding to the new hybrids introduced in the area. This way, the majority of producers end up applying high fertilizer doses, higher than the necessary for maximum yield, increasing production costs and harm to the environment, which may turn this in an unsustainable practice. In this context, this study aimed to evaluate the efficiency of phosphorus in watermelon cultivated under different doses in foundation and fertigation. For this purpose, watermelon cultivar 'Magnum' was planted in Upanema-RN, during the period from September to December, in 2013. Experimental design of randomized blocks, factorial scheme (4x2) + 1, with four replications, composed respectively of four phosphorus doses (76, 168, 275, and 397 kg/ha of P₂O₅), two application forms [foundation, and foundation + fertigation], and one additional treatment with no phosphorus. The fertilization in foundation with the dose of 76 kg/ha presented the highest values for physiologic efficiency and P use efficiency. However, for agronomic efficiency and apparent recovery efficiency there was no significant difference between forms of application, only for dosage. The dosage which showed most increment in efficiencies was 76 kg/ha of P₂O₅, but maximum yield was obtained with an estimated dose of 290 kg/ha.

Key words: *Citrullus lanatus*. Efficiency. Phosphorus.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Relação entre a produtividade e as doses de P_2O_5 aplicadas via fundação e fundação + fertirrigação (A). Efeito de doses de P sobre a produtividade (B).	21
Figura 2. Valores médios do acúmulo total de P em fundação e fundação + fertirrigação (A). Curva do acúmulo total de P em função das doses de P_2O_5 (B).	22
Figura 3. Relação entre a matéria seca total e as doses de P_2O_5 aplicadas via fundação e fundação + fertirrigação.	23
Figura 4. Curva da eficiência agrônômica em função das doses de P_2O_5	24
Figura 5. Relação entre a eficiência fisiológica e as doses de P_2O_5 aplicada via fundação e fundação + fertirrigação.	25
Figura 6. Relação entre a eficiência de utilização do fósforo e as doses de P_2O_5 aplicado em fundação e fundação + fertirrigação.	26
Figura 7. Curva da eficiência de recuperação aparente em função das doses de P_2O_5	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo da análise de variância das características produtividade, acúmulo total de P e matéria seca total.	20
Tabela 2. Resumo da análise de variância das características eficiência fisiológica (EF), eficiência de utilização do P (EUP), eficiência agrônômica (EA) e eficiência de recuperação aparente (ERa).	23

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. FÓSFORO (P).....	13
2.2. EFICIÊNCIA NUTRICIONAL	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5. CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	29

1. INTRODUÇÃO

A melancia (*Citrullus lanatus* (Thumb) Mansf.) é uma cucurbitácea de grande importância econômica, sendo cultivada em vários países do mundo, tendo destaque na China, Turquia, Irã, Estados Unidos e Brasil. Em virtude das condições de solo e clima do Brasil serem bastante semelhantes às condições de origem, provavelmente a África Equatorial, é uma espécie olerícola cultivada praticamente em todos os estados brasileiros, destacando-se o Rio Grande do Sul, Goiás, Bahia e São Paulo como os maiores produtores (AGRIANUAL, 2009). A região Nordeste tem apresentado um crescimento acentuado em área irrigada nos últimos anos, onde a melancia apresenta excelente adaptação às condições climáticas (SOUZA, 2012).

No ano de 2015, o Brasil produziu 2.119.559 t de melancia em uma área plantada de 96.601 ha. A região nordeste é a principal produtora deste fruto no país, representando aproximadamente 25,4% da produção, tendo o estado do Rio Grande do Norte como segundo maior produtor desta região e sétimo do Brasil, com uma produção de 114.673 t de melancia em 5.165 ha de área plantada (IBGE, 2017).

A cultura da melancia, a exemplo de outras oleráceas, tem a nutrição mineral como um dos fatores que contribuem diretamente na produtividade e na qualidade dos frutos, garantindo retorno econômico favorável. Quando essa nutrição é realizada corretamente, de modo a atingir elevada eficiência, promove menor custo de produção e contribui com menor dano ambiental (RODRIGUES, 2006).

Em termos quantitativos, o fósforo, é o macronutriente menos exigido pela melancieira, para o seu crescimento vegetativo e produção (ALMEIDA et al., 2012). Entretanto, trata-se do nutriente aplicado em maior quantidade em adubação no Brasil (SILVA et al., 2010). Esse fato ocorre devido à baixa disponibilidade de fósforo nos solos tropicais, em virtude dos seus baixos teores, da baixa solubilidade dos compostos de P, normalmente encontrados nos solos, e da sua imobilização devido às fortes interações que apresenta com os constituintes destes solos (ROLIM NETO et al., 2004).

Embora o fósforo seja um nutriente que as hortaliças mais respondem (SILVA 2016), na cultura da melancia pouco se conhece, ainda, a respeito das quantidades a utilizar que permitam a obtenção de rendimentos satisfatórios.

O fósforo é tradicionalmente aplicado em fundação, antes do plantio, em razão da baixa solubilidade. Com a introdução, no mercado, de nutrientes fosfatados solúveis em água,

possibilitou-se o fornecimento adequado do nutriente a cada fase fenológica da planta, resultando em maior eficiência de uso e economia de fertilizantes (BRITO et al., 2000).

A agricultura brasileira tem como grande entrave a deficiência de fósforo no solo, devido a grande reatividade e à alta taxa de retenção de íons, relacionados à constituintes dos solos (MENDES et al., 2003). Em razão disso, há necessidade de aplicações frequentes de fertilizantes fosfatados para proporcionar e manter alta produtividade das culturas (TEIXEIRA et al., 2014), entretanto, essa prática é bastante onerosa. Assim, para reduzir essa quantidade e gastos com esse macronutriente, são necessários estudos quanto a sua absorção e utilização pela planta (SANTOS, 2006).

O fertilizante fosfático é originado de rochas como a apatita, que tem suas reservas finitas (FERREIRA, 2014). Estima-se que em meados de 2050 a demanda mundial de fósforo duplique, sendo que alguns estudos apontam que poderá ocorrer um pico na produção de fertilizantes fosfatados nos próximos 30 anos, e um esgotamento das reservas mundiais de rochas fosfáticas nos próximos 50-100 anos (PANTANO, 2016).

Nesse sentido, não só a quantidade, como também o manejo da adubação deve ser estudado com a finalidade de aprimorar as recomendações para uma maior eficiência das adubações e reduzir o impacto ambiental.

Dentro deste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência de utilização do fósforo pela melancia cultivada com diferentes doses de fósforo em fundação e fertirrigação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. FÓSFORO (P)

O fósforo constitui cerca de 0,12% da crosta terrestre e suas maiores reservas encontram-se em sedimentos marinhos, solos, fosfatos inorgânicos dissolvidos nos oceanos e rochas com minerais, como a apatita. Apesar de existirem na natureza mais de 200 minerais de P, apenas o grupo de apatitas tem significado quantitativo. Em escala geológica, o intemperismo liberou P das apatitas, que foi absorvido pelas plantas e reciclado, sendo posteriormente incorporado à matéria orgânica dos solos e sedimentos ou precipitados como minerais poucos solúveis de Ca, Fe e Al (STEVENSON; COLE, 1999 apud QUEIROGA, 2014. p. 13).

A maioria das reservas mundiais de rocha fosfática estão localizados no Marrocos e Saara Ocidental, totalizando 45% das bases de reservas naturais (FIXEN, 2009). Outros grandes detentores de reservas de rocha fosfática (classificados de acordo com o tamanho de suas reservas, da maior para a menor) são o Iraque, China, Argélia, Síria, Jordânia, África do Sul, os EUA e a Rússia (De RIDDER et al., 2012).

O teor total de P nos solos está entre 0,2 e 5,0 g/kg, mas apenas uma pequena fração está na forma disponível para as plantas (QUEIROGA, 2014). Isto ocorre devido a grande maioria dos solos brasileiros serem ácidos, com baixa fertilidade e elevada capacidade de retenção de P, o que leva à necessidade de aplicação de elevadas doses de fosfatos, contribuindo para o aumento nos custos de produção, além de reduzir os recursos naturais não renováveis que originam esses insumos (MOURA et al., 2001), por isso são exigidas quantidades muito grandes de adubo para elevar o teor de P disponível em todo o volume do solo explorado pelo sistema radicular (QUEIROGA, 2014).

A deficiência de P pode ser mais limitante para a produção das culturas no mundo do que qualquer outra deficiência, toxicidade ou doenças. É importante manter altos níveis de P no solo para atingir uma ótima produção das culturas (LOPES, 1998). Nesse sentido, assegurar a concentração apropriada de P para o desenvolvimento de espécies cultivadas em solos degradados pode ser o fator mais importante que contribui para o aumento da produção (PÉLA, 2017).

De acordo com Raij (1991), a utilização adequada de adubos fosfatados requer conhecimentos da dinâmica do P e de suas interações com o solo, bem como a determinação do teor disponível do elemento objetivando diagnosticar as deficiências nutricionais das

plantas e, conseqüentemente, indicar as práticas necessárias para corrigi-las, visando o máximo de rendimento agrícola. No entanto, é fundamental determinar a relação entre o teor de nutrientes no solo e o rendimento da cultura para estabelecer o nível crítico de P no solo, a fim de que sua aplicação não seja feita sem necessidade (MALAVOLTA et al., 1997).

Em razão da baixa solubilidade, tradicionalmente o P é aplicado em fundação antes do plantio. No entanto com a introdução no mercado de nutrientes fosfatados solúveis em água como, por exemplo, o fosfato monoamônico (MAP) e o ácido fosfórico, partiu-se para o estudo da sua aplicação diretamente na água de irrigação (Brito et al., 2000).

Por meio da fertirrigação, há possibilidade de um ajuste mais eficiente às diferentes fases fenológicas das culturas, resultando em maior eficiência de uso e economia de fertilizantes (CARRIJO et al., 2004).

Segundo Malavolta et al. (1997), os teores de P nas plantas variam de 0,5 a 3,0 g/kg de matéria seca da planta, considerando os teores entre 1,0 e 1,5 g/kg como adequados para um crescimento normal das plantas. Plantas deficientes apresentam teores foliares menores do que 1,0 g/kg, ao passo que acima de 3,0 g/kg podem se observar sintomas de toxidez.

O P em quantidades adequadas influencia intensamente o desenvolvimento inicial da parte vegetativa (GRANT et al., 2001), antecipa a maturação, estimula o crescimento e auxilia na formação das sementes, atua na respiração, na absorção iônica de outros elementos, síntese e degradação de lipídios e de outras proteínas (RAIJ, 1991). Além disso, este elemento promove a formação inicial e o desenvolvimento da raiz, que é essencial para a absorção de água e íons e, conseqüentemente, o crescimento da planta; afeta o pegamento da florada, acarretando em maior frutificação e atua como regulador da maturação, influenciando na qualidade das frutas (MALAVOLTA, 2006).

Nas cucurbitáceas, o P é o nutriente que provoca maiores aumentos na produtividade e no tamanho dos frutos (GOMES, 1978), o que tem sido confirmado nos trabalhos desenvolvidos com adubação fosfatada em melancia.

Santos et al. (2011), testando quatro doses de N (0, 48, 120 e 180 kg/ha) e quatro de P (0, 88, 220 e 396 kg/ha de P_2O_5) na melancia (cv. 'Olímpia'), constataram que as máximas produtividades comercial e total (29,23 e 36,47 t/ha) foram obtidas com a dose de 220 kg/ha de P_2O_5 .

Resultados semelhantes foram constatados por Souza (2012) ao avaliar quatro doses de N (0, 48, 121 e 218 kg/ha) e quatro de P (0, 88, 220 e 397 kg/ha de P_2O_5) nas cultivares de melancia, 'Leopard' e 'Olímpia', concluindo que a adubação fosfatada influenciou significativamente na produção total, produção comercial e número de frutos comerciais dos

dois materiais, além da massa média dos frutos comerciais da ‘Olímpia’ e número total de frutos por planta da ‘Leopard’. Segundo o autor, as doses de 226 e 227 kg/ha de P_2O_5 foram responsáveis pelas máximas produtividades total (42.648 kg/ha) e comercial (35.625 kg/ha) da cultivar ‘Olímpia’, no entanto, para a ‘Leopard’ a dose que proporcionou a máxima produtividade total (26.115 kg/ha) foi de 223 kg/ha de P_2O_5 e comercial (21.515 kg/ha) foi 219 kg/ha de P_2O_5 . E, ainda, verificou que não houve influência da adubação fosfatada no número de frutos por planta da ‘Olímpia’ (1,12), no entanto, a dose de 225 kg/ha de P_2O_5 foi responsável pelo maior número de frutos da ‘Leopard’ (1,63) e a máxima massa média comercial da ‘Olímpia’ (7,42 kg) ocorreu na dose de 205,2 kg/ha de P_2O_5 .

Gonçalves et al. (2016), testando seis doses de P (0, 45, 90, 135, 180 e 225 kg/ha de P_2O_5) nas cultivares de melancia ‘Top Gun’ e ‘Olímpia’, concluíram que a adubação fosfatada influenciou significativamente no número total de frutos por planta, número de frutos comerciais por planta, produtividade comercial e produtividade total. Segundo os autores, as doses de 54,3 e 49,4 kg/ha foram responsáveis, respectivamente, pelas máximas produtividades total (80.140 kg/ha) e comercial (74.390 kg/ha), representando incrementos de 63,9% e 63,1% em relação ao tratamento sem aplicação de P.

2.2. EFICIÊNCIA NUTRICIONAL

Na literatura a eficiência nutricional apresenta inúmeros conceitos, que variam de acordo com o nutriente, espécie de planta e variedade, como observados em trabalhos realizados por Luca (2002), Serra et al. (2009) e Rotili et al. (2010).

A eficiência nutricional pode ser entendida como a capacidade da planta absorver, transportar e utilizar um dado nutriente e ao mesmo tempo produzir, transportar e utilizar os carboidratos fotossintéticos na elaboração de produtos que serão colhidos, como: folha, raiz, tubérculo ou fruto (MALAVOLTA, 1976).

Föhse et al. (1988) definiram a eficiência para fósforo (P) como sendo a habilidade das plantas em produzir certa percentagem de produção máxima com certa dose de P no solo.

Embora o P seja um nutriente que as hortaliças mais respondem (SILVA, 2016), na cultura da melancia pouco se conhece, ainda, a respeito das quantidades a utilizar que permitam a obtenção de rendimentos satisfatórios.

Mesmo que variedades de uma mesma espécie apresentem capacidades similares na absorção ou no acúmulo de um determinado nutriente, pode ocorrer grande diferença entre elas na produção de biomassa, decorrente de diferenças na eficiência nutricional

(EBERHARDT, 1999). Segundo Amaral (2002), as diferenças genotípicas envolvidas na nutrição mineral de plantas podem ser explicadas por características morfológicas e fisiológicas relacionadas à absorção de nutrientes. Dentre os aspectos morfológicos têm-se: o diâmetro e comprimento de raiz, a formação de pelos radiculares e a relação superfície de raiz/unidade de peso da parte aérea.

O estudo da eficiência nutricional na cultura da melancia é de extrema importância, pois os solos tropicais, em geral, possuem baixa capacidade de fornecimento dos nutrientes minerais às plantas (RIBEIRO, 2016).

O uso adequado de nutrientes é fundamental para aumentar ou sustentar a produção agrícola (FAGERIA, 2000). Como nem toda quantidade de nutriente aplicado é absorvida pelas plantas, sendo parte deste adsorvido, caso do P, ou lixiviado para fora da zona de solo explorado pelo sistema radicular da cultura, é importante o conhecimento da eficiência nutricional da cultura utilizada.

Nesse sentido, a otimização da eficiência nutricional é de grande importância na produção das culturas anuais, devido ao custo dos fertilizantes, imprescindíveis para o aumento da produtividade (OLIVEIRA et. al., 2008), e a introdução de novos híbridos de melancia no mercado. Dessa forma, é fundamental que haja estudos para determinar a quantidade e o manejo adequado da adubação de modo a fornecer condições favoráveis para que os mesmos alcancem seu máximo potencial produtivo.

A eficiência nutricional pode ser expressa e calculada de diferentes modos, que podem ser encontrados em Fageria (1998), Dobermann (2007), Fageria (2009) e Fixen et al. (2010), entre outros trabalhos. Porém os quatro mais comuns são: **(i)** a eficiência agrônômica, que indica o incremento na produtividade por unidade de nutriente aplicado no solo; **(ii)** a eficiência fisiológica, que indica a capacidade de produção total (parte aérea e frutos) por unidade de nutriente acumulado na planta; **(iii)** a eficiência de recuperação, que indica o quanto do nutriente aplicado no solo foi absorvido pela planta; e **(iv)** a eficiência de utilização, que indica o rendimento biológico por unidade de nutriente aplicado.

Estes índices são utilizados para avaliar e otimizar a eficiência nutricional, com o objetivo de ampliar e reduzir o custo de produção das culturas (FRANZINI, 2010).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na fazenda Roçado Grande, município de Upanema-RN, localizada nas coordenadas (5°35'04'' S e 37°12'08'' O). O clima predominante na região é quente e seco - tipo BSw^h, pela classificação climática de Köppen. A camada superficial do solo da área experimental (0-20 cm) apresentou as seguintes características químicas, conforme Silva (2009), sendo determinados: pH (H₂O) = 7,4; Matéria orgânica = 23,86 g/kg; P Mehlich = 4 mg/dm³; K⁺ = 5,60, Na⁺ = 0,70, Ca²⁺ = 48,4, Mg²⁺ = 21,1, Al³⁺ = 0,0 e H+Al³⁺ = 14,9 (em mmolc/dm³); e V = 84%. Os teores de Cu = 0,8, Fe = 0,7, Mn = 17,9 e Zn = 7 mg/dm³ foram extraídos com a solução de DTPA pH 7,3. O valor para B disponível foi de 0,21 mg/dm³, sendo a extração feita com a utilização de ácido clorídrico 0,05 mol/L; utilizaram-se 10 g de solo com 20 mL de solução extratora, cinco minutos de agitação, seguida de filtração (PONNAMPERUMA, 1981).

O trabalho foi conduzido em blocos casualizados, em esquema fatorial (2x4)+1, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de quatro doses de fósforo (76, 168, 275 e 397 kg/ha de P₂O₅) aplicadas somente em fundação e em fundação mais fertirrigação. Na fundação, o fósforo foi aplicado na forma de superfosfato triplo (41% P₂O₅), e na fertirrigação, na forma de MAP (61% P₂O₅), com dose equivalente a 50 kg/ha de P₂O₅. Foi aplicado ainda um tratamento adicional, sem aplicação de fósforo.

A adubação de fundação foi realizada manualmente, a cada 10 cm, com o auxílio de um piquete de madeira. Foi aplicado micronutriente na dose de 100 kg/ha de Barimicro[®] (FTE BR12), contendo 1,8% de B; 0,8% de Cu; 2,0% de Mn; 9,0% de Zn; e 4,0% de S.

A cultivar de melancia (*Citrullus lanatus*, Schrad.) utilizada foi o híbrido 'Magnum'. A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido com 200 células preenchidas com substrato agrícola comercial Plantimax mais fibra de coco, e quando as plantas apresentaram duas folhas definitivas, foram transplantadas no campo, em 28/09/2013. O espaçamento utilizado para o plantio em campo foi de 1,9x0,9 m, com uma muda por cova, resultando numa população de 5.848 plantas/ha. A área das parcelas experimentais consistiu de 16 plantas, sendo a área útil com 8 plantas.

O sistema de irrigação foi o localizado por gotejamento, com gotejadores espaçados em 0,3 m. As lâminas de irrigação foram aplicadas em função da estimativa da ET_c seguindo a metodologia da FAO e ajustada com tensiometria, mantendo o potencial mátrico do solo a 15 cm de profundidade acima de -30 kPa. Além disso, adotou-se uma eficiência de aplicação

de água de 91%, com base na avaliação do sistema de irrigação. A lâmina bruta total de irrigação aplicada ao final do ciclo de cultivo foi de 398 mm.

A fertirrigação foi realizada diariamente a partir do 1 dia após o transplante (DAT), prolongando-se até 56 DAT. O sistema de fertirrigação foi composto por dois tanques de derivação (“pulmões”). Os “pulmões” foram conectados a redes de distribuição de água independentes, onde um aplicava os adubos nos tratamentos de fundação e o outro nos tratamentos de fundação mais cobertura. A adubação de cobertura foi realizada via fertirrigação tomando-se como base o modelo desenvolvido por Paula et al. (2011), sendo aplicado os seguintes adubos: ureia, sulfato de amônia, nitrato de cálcio, cloreto de potássio e sulfato de magnésio, correspondendo a 120 kg/ha de N, 90 kg/ha de K₂O, 15 kg/ha de Ca e 15 kg/ha de Mg, além de 50 kg/ha de P₂O₅ nos tratamentos que receberam P em cobertura.

A colheita foi realizada no dia 30/11/2013, aos 63 dias após o transplantio (DAT), 77 dias após a semeadura (DAS). Para determinação dos teores de P na parte aérea e frutos, as plantas de melancia foram transportadas para o laboratório, onde os diferentes órgãos das plantas foram separados em caule, folhas e frutos e acondicionados em sacos de papel para secagem em estufa de circulação forçada, a 65°C. Após a secagem o material foi pesado, triturado e digerido com uma solução nitroperclórica e solução de metavanato de amônio. Posteriormente realizou-se a leitura em espectrofotômetro ótico. Para a determinação da produtividade, foi feito um cálculo com base na matéria seca dos frutos, onde transformou-se os dados para massa fresca, levando em consideração a produção por planta e transformando os resultados para kg/ha.

No cálculo da eficiência do uso de P foram empregadas as seguintes fórmulas (FAGERIA et al., 2007 adaptadas para melancia):

$$EA = \frac{RFcf - RFsf}{QNa} \quad (1)$$

em que:

EA = eficiência agronômica, em kg/kg;

RFcf = rendimento de frutos com aplicação do fertilizante, em kg;

RFsf = rendimento de frutos sem aplicação do fertilizante, em kg;

QNa = quantidade de nutriente aplicado, em kg de P₂O₅.

$$EF = \frac{MSTcf - MSTsf}{ANcf - ANsf} \quad (2)$$

em que:

EF = eficiência fisiológica, em kg/kg;

MSTcf = matéria seca total (parte aérea e frutos) com aplicação do fertilizante, em kg;

MSTsf = matéria seca total sem aplicação do fertilizante, em kg;

ANcf = acumulação do nutriente na planta com aplicação do fertilizante, em kg;

Ans = acumulação do nutriente na planta sem aplicação do fertilizante, em kg.

$$ERa = \frac{ANcf - ANsf}{QNa} \times 100 \quad (3)$$

em que:

Era = eficiência de recuperação aparente, em %;

ANcf = acumulação do nutriente na planta com aplicação do fertilizante, em kg;

Ans = acumulação do nutriente na planta sem aplicação do fertilizante, em kg;

QNa = quantidade de nutriente aplicado, em kg de P.

$$EUP = EF \times \frac{ERa}{100} = \frac{MSTcf - MSTsf}{QNa} \quad (4)$$

em que:

EUP = eficiência de utilização do P, em kg/kg;

EF = eficiência fisiológica, em kg/kg;

Era = eficiência de recuperação aparente, em %;

MSTcf = matéria seca total (parte aérea e frutos) com aplicação do fertilizante, em kg;

MSTsf = matéria seca total sem aplicação do fertilizante, em kg.

Os dados foram submetidos à análise de variância e desdobramento, teste “F” a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2011). Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de regressão, teste “F” para o modelo e teste “t” para os parâmetros da equação, a 5% de probabilidade, utilizando o software Table Curve (SCIENTIFIC, 1991).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação aos resultados observados, ocorreu efeito significativo da interação modo de aplicação e doses de P para produtividade e matéria seca total (Tabela 1). Ainda na Tabela 1, verificou-se efeitos isolados de doses de P e modos de aplicação para acúmulo total de P.

Tabela 1. Resumo da análise de variância das características produtividade, acúmulo total de P e matéria seca total.

FV	GL	Valores de F		
		Produtividade	Acúmulo total de P	Matéria seca total
Bloco	3	1,795 ^{ns}	1,322 ^{ns}	1,553 ^{ns}
Dose (D)	3	3,944 ^{**}	8,791 ^{**}	0,247 ^{ns}
Modo de aplicação (MA)	1	0,644 ^{ns}	7,963 ^{**}	3,480 [*]
D x MA	3	6,986 ^{**}	1,239 ^{ns}	3,366 [*]
Erro	21			
Total corrigido	31			
CV (%)		20,78	36,33	28,10
Média geral		63488,15	2,09	543,39

** significativo a 1% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade. ^{ns} Não significativo.

Houve efeito significativo para interação modo de aplicação e doses de P para produtividade a um nível de significância de 1% de probabilidade, porém ao realizar o desdobramento de doses dentro de cada modo de aplicação não encontrou-se um modelo significativo (Figura 1A), dessa forma optou-se por analisar apenas o efeito isolado de doses (Figura 1B).

Na Figura 1B verificou-se que o incremento de doses de P proporcionou aumento de 55.253 kg/ha com a dose de 76 kg/ha de P₂O₅ para 76.493 kg/ha com a dose estimada de 290 kg/ha de P₂O₅, representando um incremento na produtividade de 27,8%. No entanto, as doses maiores que 290 kg/ha reduziram a produtividade.

Resultado semelhante foi observado por Abrêu et al. (2011) que avaliando a produtividade do melão-amarelo sob doses crescentes de P₂O₅ observou que doses acima de 278 kg/ha de P₂O₅ prejudicaram a produtividade de frutos. Da mesma forma Santos et al. (2011), avaliando a produtividade da melancia cv. ‘Olímpia’ sob doses crescentes de P₂O₅, observou que doses maiores que 220 kg/ha de P₂O₅ reduziram a produtividade.

Tal fato pode ser explicado por Malavolta (2006), pois como demonstrado, aumentando progressivamente a dose de um adubo, a produção inicialmente cresce; depois, os aumentos na colheita são cada vez menores, a produção se estabiliza e em seguida pode decrescer ao passo que se eleva a quantidade de adubo. A produtividade observada neste

trabalho com a dose de 290 kg/ha de P_2O_5 foi bastante superior à média nacional que segundo Souza (2012), apresenta produtividade média em torno de 20.000 a 50.000 kg/ha.

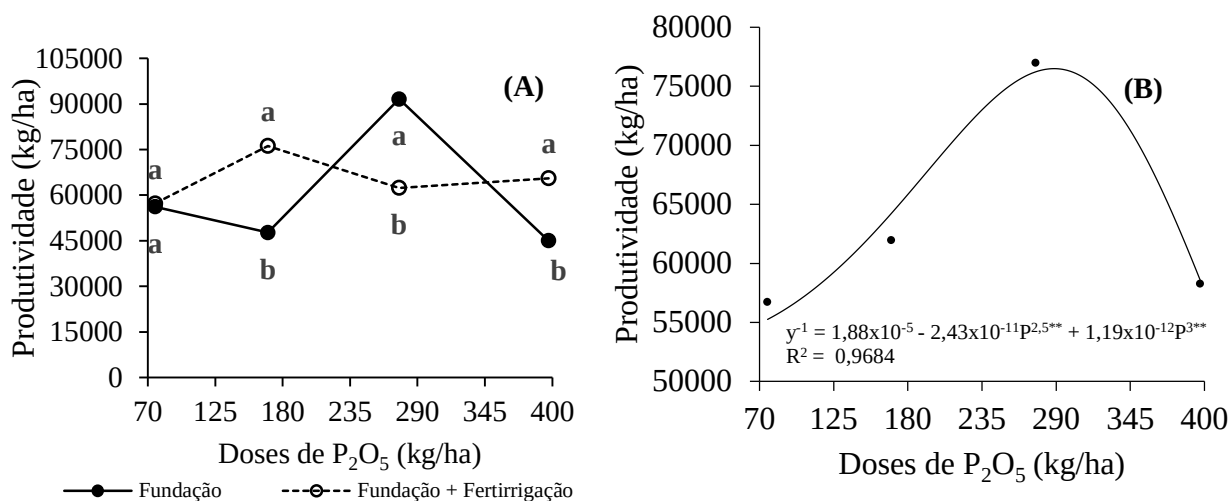


Figura 1. Relação entre a produtividade e as doses de P_2O_5 aplicadas via fundação e fundação + fertirrigação (A). Efeito de doses de P sobre a produtividade (B).

Para o acúmulo total de P em cada modo de aplicação, verificou-se na Figura 2A que o seu acúmulo é maior na adubação parcelada (fundação + fertirrigação) em relação à adubação somente em fundação, com estimativas médias de 2,49 e 1,69 g/planta, respectivamente. Isto provavelmente se deve em parte ao declínio das concentrações de P em solução, por efeito das aplicações de P em pré-plantio, e aumento da concentração de P a um nível adequado na solução, por efeito das aplicações em fertirrigação, o que poderia ter facilitado mais absorção de P (MOHAMMAD et al., 2004).

Ao analisar o efeito isolado de doses de P_2O_5 , verificou-se que o incremento de doses de P proporcionou aumento de 1,39 g/planta com a dose de 76 kg/ha de P_2O_5 para 3,29 g/planta com a dose estimada de 296 kg/ha de P_2O_5 , representando um incremento de P nas plantas de 57,75% (Figura 2B). No entanto, as doses maiores que 296 kg/ha reduziram o acúmulo de P nas plantas. Diferentemente, Claudio (2013) testando cinco doses de fósforo (0, 300, 600, 900 e 1200 kg/ha de P_2O_5), observou que o acúmulo de P nas plantas apresentou aumento linear.

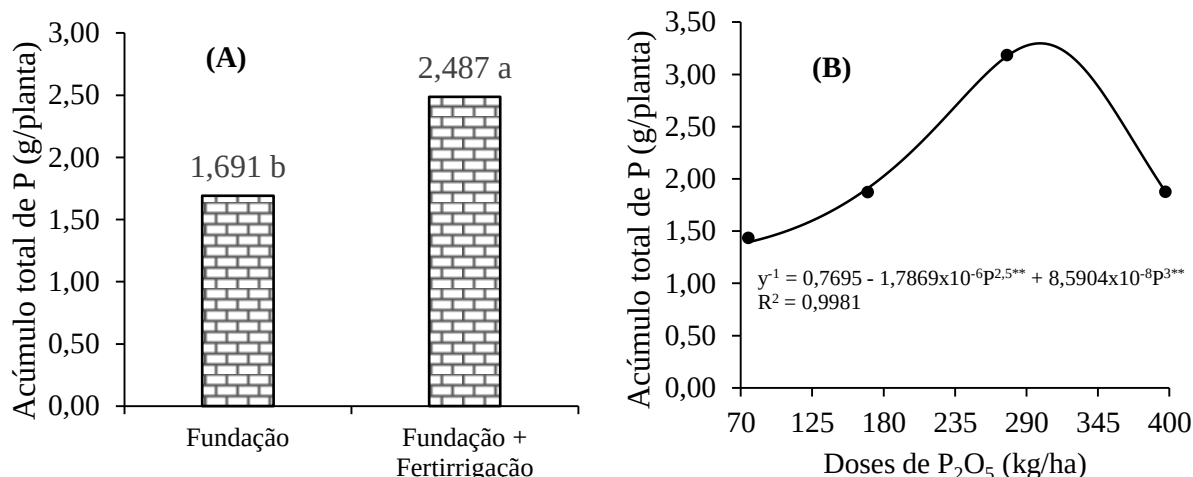


Figura 2. Valores médios do acúmulo total de P em fundação e fundação + fertirrigação (A). Curva do acúmulo total de P em função das doses de P_2O_5 (B).

Para a matéria seca total (MS) representada por caule, folha e fruto, observa-se que o incremento de P_2O_5 aplicados de forma parcelada proporcionou aumento de 422 g/planta com a dose de 76 kg/ha de P_2O_5 para 663 g/planta com a dose estimada de 173 kg/ha de P_2O_5 (Figura 3), representando um aumento de aproximadamente 36,4% na MS. Entretanto, doses maiores que 173 kg/ha de P_2O_5 causaram a redução da MS.

Ainda na Figura 3, o incremento das doses aplicado em fundação, propiciou variação da MS sem uma nítida definição (equação não ajustada). Todavia, percebe-se, resposta positiva na MS total com a dose de 275 kg/ha de P_2O_5 , proporcionando maior incremento da MS (770 g/planta) em relação à dose 76 kg/ha de P_2O_5 (532 g/planta), 168 kg/ha de P_2O_5 (404 g/planta) e 397 kg/ha de P_2O_5 (413 g/planta).

FARIA et al. (2016) avaliando o efeito de fosfatos naturais com doses crescentes (40, 80 e 160 mg/dm³ de P_2O_5) no cultivos do meloeiro observou efeito quadrático para a produção de matéria seca. Entretanto Kano (2006) avaliando doses crescentes de fósforo (0, 200, 400, 600 e 800 kg/ha de P_2O_5), observou que o incremento de P no solo proporcionou aumento linear na MS.

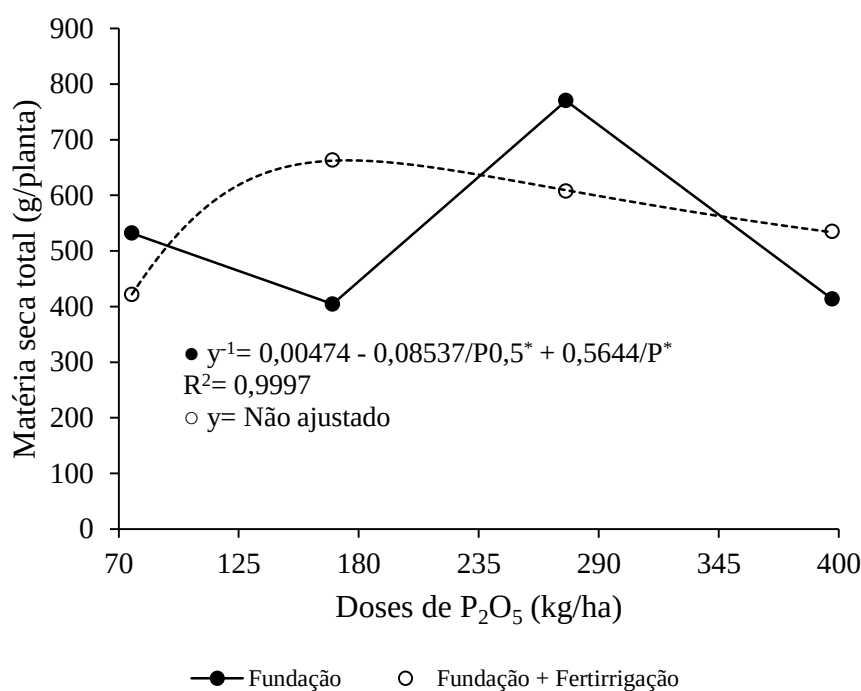


Figura 3. Relação entre a matéria seca total e as doses de P_2O_5 aplicadas via fundação e fundação + fertirrigação.

Na Tabela 2, com relação aos resultados observados, ocorreu efeito significativo da interação modo de aplicação e doses de P para eficiência fisiológica (EF) e eficiência de utilização do P (EUP). Ainda, verificou-se efeito isolado de doses de P para eficiência agrônômica (EA) e eficiência de recuperação aparente (ERa).

Tabela 2. Resumo da análise de variância das características eficiência fisiológica (EF), eficiência de utilização do P (EUP), eficiência agrônômica (EA) e eficiência de recuperação aparente (ERa).

FV	GL	Valores de F			
		EF	EUP	EA	ERa
Bloco	3	1,858 ^{ns}	2,520 ^{ns}	0,078 ^{ns}	2,413 ^{ns}
Dose (D)	3	2,914 ^{ns}	19,001 ^{**}	8,746 ^{**}	11,615 ^{**}
Modo de aplicação (MA)	1	19,936 ^{**}	1,538 ^{ns}	0,747 ^{ns}	1,081 ^{ns}
D x MA	3	3,885 [*]	5,984 ^{**}	2,926 ^{ns}	1,596 ^{ns}
Erro	21				
Total corrigido	31				
CV (%)		25,99	47,30	54,79	48,17
Média geral		194,93	27,68	170,61	13,84

** significativo a 1% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade. ^{ns} Não significativo.

Para a eficiência agrônômica (EA) verificou-se que o incremento das doses de P reduziu a EA, variando de 298 kg de fruto/kg de P aplicado na dose de 76 kg/ha de P_2O_5 para 69,4 kg/kg com a dose 397 kg/ha de P_2O_5 (Figura 4). Isso representa uma redução de 77% na

EA. Assim, pode-se evidenciar que a menor dose proporcionou maior incremento na produtividade por kg de P_2O_5 aplicado no solo. Esses resultados corroboram aos encontrados por Silva (2016), no qual demonstrou que o incremento de P reduziu a EA. A maior eficiência observada nesse presente trabalho, 298 kg de fruto/kg de P aplicado na dose de 76 kg/ha de P_2O_5 , foi muito superior àquela encontrada por Silva et al (2014), a qual obteve EA máxima para a cultivar ‘Olímpia’ de 97 kg de fruto/kg de P aplicado na dose 218 kg/ha de P_2O_5 e para a cultivar ‘Leopard’ de 55 kg de fruto/kg de P aplicado na dose de 218 kg/ha de P_2O_5 .

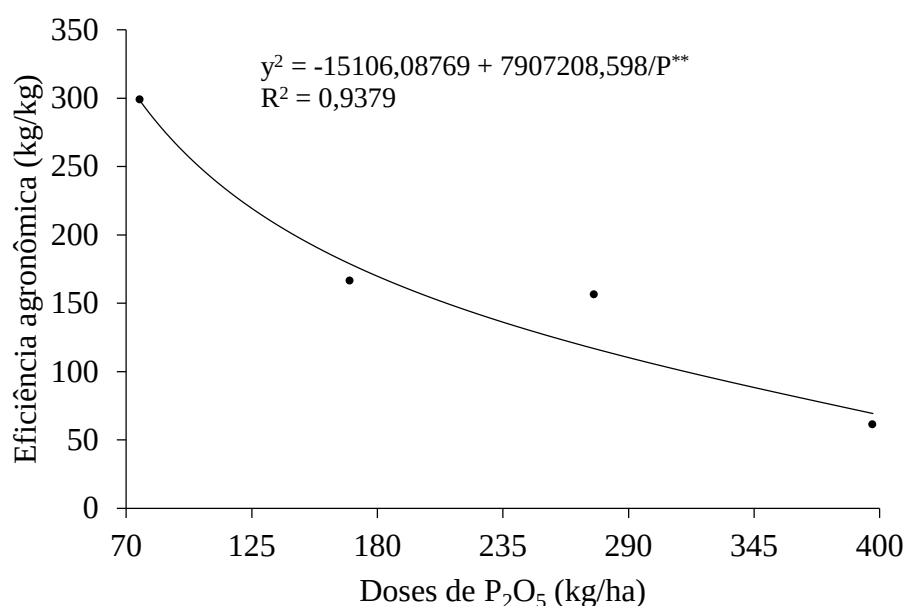


Figura 4. Curva da eficiência agrônômica em função das doses de P_2O_5 .

Na Figura 5, observou-se que o incremento de doses de P aplicado em fundação reduziu a eficiência fisiológica (EF) de 301 kg de matéria seca total / kg de P acumulado na dose de 76 kg/ha de P_2O_5 para 233 kg/kg com a dose de 397 kg/ha de P_2O_5 . Isso representa uma redução de aproximadamente 22,5% na EF. Dessa forma, pode-se evidenciar que a menor dose proporcionou maior rendimento biológico (parte aérea e frutos) por unidade de P acumulado na planta. Por outro lado, o fósforo quando aplicado de forma parcelada aumentou de 170 kg/kg na dose de 76 kg/ha de P_2O_5 para 227 kg/kg com a dose estimada de 128 kg/ha de P_2O_5 . Por conseguinte ocasionou um aumento de 25% na EF. Entretanto, doses maiores que 128 kg/ha de P_2O_5 causaram a redução da EF.

Com base nesses resultados, doses relativamente baixas foram mais eficientes, tal fato concorda com Alvarez et al. (2002) e Silva; Braga, (1993), demonstrando que as plantas, em

geral, utilizam com maior eficiência o fósforo quando esse está menos disponível, expressando assim a maior potencialidade na utilização do nutriente absorvido.

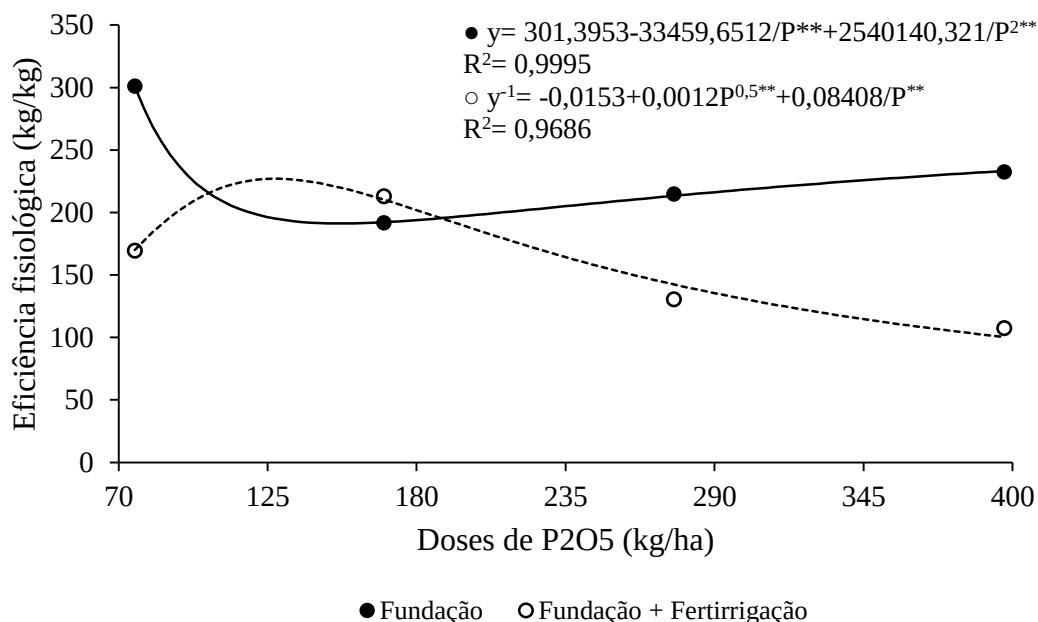


Figura 5. Relação entre a eficiência fisiológica e as doses de P₂O₅ aplicada via fundação e fundação + fertirrigação.

Para a eficiência de utilização do P (EUP), verificou-se que o incremento de doses de P aplicados em fundação reduziu a EUP de 71,4 kg de matéria seca / kg de P aplicado na dose de 76 kg/ha de P₂O₅ para 13 kg/kg com a dose de 397 kg/ha de P₂O₅ (Figura 6), representando uma redução de 82% na EUP. Dessa forma, a menor dose proporcionou maior rendimento biológico por kg de P aplicado.

Quando o fósforo foi aplicado de forma parcelada observou-se a redução na eficiência de utilização do P, passando de 38,5 kg/kg na dose de 76 kg/ha de P₂O₅ para 4,5 com a dose de 397 kg/ha de P₂O₅, ocorrendo então uma redução de 88% na EUP.

Aparentemente, na adubação via fundação, as plantas foram mais eficientes em termos de conversão de biomassa por kg de P aplicado. Segundo o Instituto da Potassa e Fosfato (1998) se referindo a solos com baixos teores de fósforo, a aplicação do fósforo em pré-plantio é mais importante para muitas culturas, uma vez que formam zonas com alta concentração de fósforo no qual podem afetar de modo significativo a habilidade das plantas para utilizar o fertilizante fosfatado, para aumentar a produtividade e o uso eficiente de fósforo.

Além disto, Hopkins et al. (2010) avaliando diferentes formas de aplicação de fósforo, observou que a eficiência de uso do P quando aplicada via fertirrigação é baixa, devendo ser utilizada apenas em situações específicas que requerem a sua suplementação.

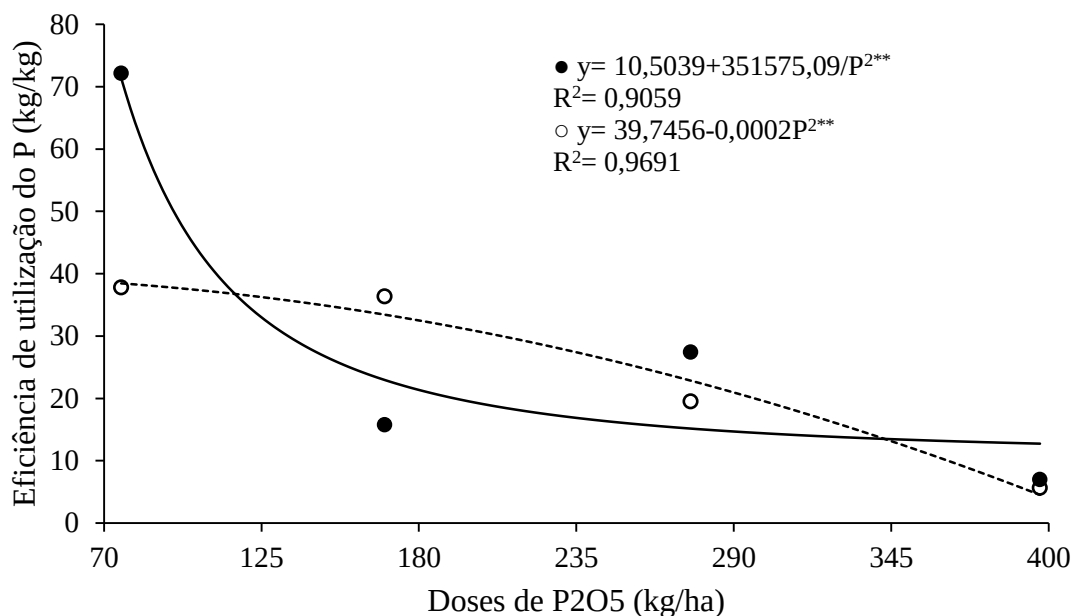


Figura 6. Relação entre a eficiência de utilização do fósforo e as doses de P₂O₅ aplicado em fundação e fundação + fertirrigação.

Na Figura 7 é possível observar que independente da forma de aplicação, a eficiência de recuperação aparente (ERa) reduziu com o incremento das doses de P, variando de 23% com a dose de 76 kg/ha de P₂O₅ para 4,7% com a dose de 397 kg/ha de P₂O₅. Esses valores estão muito próximos ao encontrado na literatura, pois tal como demonstrado por Araújo; Machado ((2006) apud PEREIRA, 2016, p. 102), devido à baixa disponibilidade natural e ou da capacidade de “fixação” do P no solo, a eficiência de recuperação do P pela maioria das culturas varia de 5 a 20% do aplicado. Além disso, Silva (2016) avaliando a ERa sob doses crescentes de P observou que o incremento de P reduziu a Era.

Esse resultado foi superior ao encontrado por Silva et al (2014), em trabalho com cultivares de melancia ‘Olimpia’ e ‘Leopard’ sob diferentes doses de nitrogênio e fósforo via fertirrigação, no qual a maior eficiência de recuperação aparente do P foi de 1,4% com a dose de 88 kg/ha de P₂O₅.

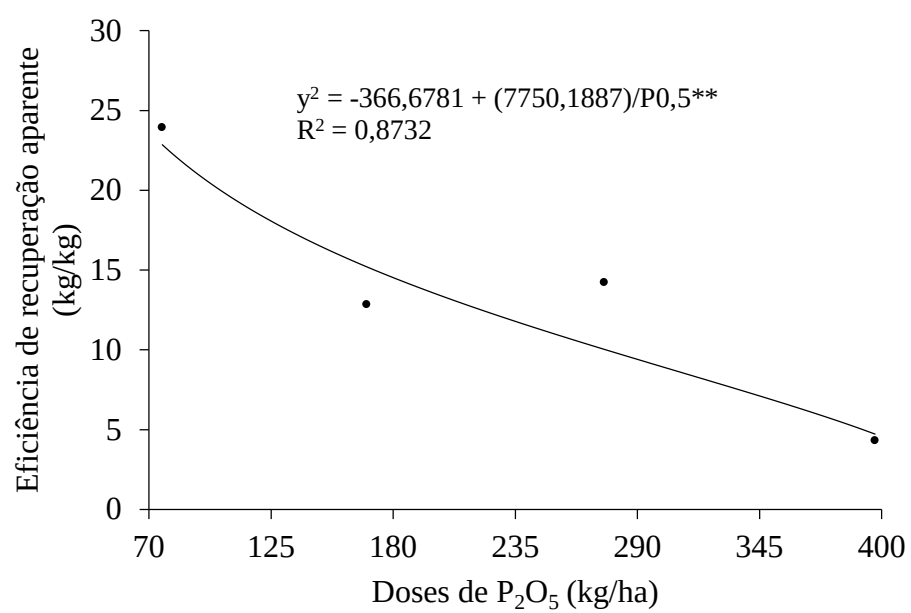


Figura 7. Curva da eficiência de recuperação aparente em função das doses de P₂O₅.

5. CONCLUSÃO

A adubação em fundação com a dose de 76 kg/ha apresentou os maiores valores para a eficiência fisiológica e eficiência de utilização do P. Entretanto, para eficiência agronômica, eficiência de recuperação aparente e produtividade não houve diferença significativa para as formas de aplicação, apenas para as diferentes doses.

A dose de 76 kg/ha de P_2O_5 foi a que mais incrementou as eficiências, contudo a produtividade máxima foi obtida com a dose estimada de 290 kg/ha. Assim, faz-se necessário realizar uma análise econômica para avaliar se o incremento de P_2O_5 no solo é viável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRÊU, F. L. G.; CAZETTA, J. O.; XAVIER, T. F. Adubação fosfatada no meloeiro-amarelo: reflexos na produção e qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, p. 1266-1274, 2011.
- AGRIANUAL. **Anuário estatístico da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP, 194p. 2009.
- ALMEIDA, E. I. B.; CORRÊA, M. C. M.; NÓBREGA G. N; PINHEIRO, E. A. R.; LIMA, F. F. Crescimento e marcha de absorção de macronutrientes para a cultivar de melancia Crimson Sweet. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 6, n. 3, p. 205-214, setembro-dezembro, 2012
- ALVAREZ, V.; DUETE, R. R. C.; MURAOKA, T.; DUETE, W. L. C.; ABREU JR., C. H. Utilização e fósforo do solo e do fertilizante por tomateiro. **Science Agrícola**, Piracicaba – SP, v. 59, n.1, p. 167 – 172, mar. 2002.
- AMARAL, José Francisco Teixeira Do. **Eficiência de produção de raízes, absorção, translocação e utilização de nutrientes em variedades de café arábica**. 97p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- BAILIAN, L.; McKEAND, S.E.; ALLEN, H.L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of lobeolly pine seedlings. *Forest Science*, v. 37, n. 2, p. 613-626, 1991.
- BRITO L.T.L.; SOARES J.M.; FARIA C.M.B.; COSTA N.D. 2000. **Fontes de fósforo aplicadas na cultura do melão via água de irrigação**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 4: 19-22.
- CARRIJO, O. A.; SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A.; ANDRADE, R. J. Fertirrigação de hortaliças. Brasília: **Embrapa Hortaliças** (Circular técnica, 32), 2004. 13p.
- CLAUDIO, Marina de Toledo Rodrigues. Doses de fósforo no acúmulo de nutrientes, na produção e na qualidade de sementes de couve-flor. 2013. 66 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2013.
- COLTMAN, R.R.; GERLOFF, G.C.; GABELMAN, W.H. Differential tolerance of tomato strains to maintained and deficient levels of phosphorus. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, v. 110, n. 2, p. 140-144, 1985.
- DE FARIA, Clementino Marcos Batista; SILVA, Davi José; MARIA, José. Efeito de fosfatos naturais em plantas de melão cultivadas em vasos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 6, p. 1083-1091, 2006.
- DE RIDDER et al. Risks and Opportunities in the Global Phosphate Rock Market. The Hague Centre for Strategic Studies (HCSS), Report No 17 | 12 | 12. ISBN/EAN: 978-94-91040-69-6, 2012.
- DOBBERMANN, A. Nutrient use efficiency –measurement and management. In: Workshop on Fertilizer Best Management Practices –General principles, strategy for their adoption and

voluntary initiatives vs. regulations, 2007, Brussels, Belgium. **Proceedings...** France: International Fertilizer Industry Association, 2007. p. 1-28.

EBERHARDT, D.S.; SILVA, P.R.F.; RIEFFEL NETO, S.R. Eficiência de absorção e utilização de nitrogênio por plantas de arroz e de dois ecótipos de arroz vermelho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 17, p. 309-323, 1999.

FAGERIA, Nand Kumar. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 6-16, 1998.

FAGERIA, Nand Kumar. **Eficiência do uso de potássio pelos genótipos de arroz de terras altas**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.35, n.10, p.2115-2120, out. 2000.

FAGERIA, N.K.; Santos, A.B. e Cutrim, V.A. **Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso de nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, p. 1029-1034. 2007.

FAGERIA, Nand Kumar. **The use of nutrientes in crop plants**. Boca Raton: CRC Press, 2009, 430p.

FERREIRA, Natália Rodrigues. **Eficiência agrônômica de fertilizantes Organominerais sólidos e fluidos em relação à Disponibilidade de fósforo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia Agricultura) Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu. 2014.

FIXEN, Paul. E. **Reservas mundiais de nutrientes dos fertilizantes**. Informações agrônômicas. n. 126. Jun. 2009.

FIXEN, Paul E. The four rights within a global fertilizer best management practices framework. In: PROCHNOW LI; CASARIN V; STIPP SR (eds.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. 2010, p. 1-22.

FÖHSE, D.; CLAASSEN, N.; JUNGK, A. Phosphorus efficiency of plants. I. External and internal P requirement and P uptake efficiency of different plant species. *Plant and Soil*, v. 110, p. 101-109, 1988.

FRANZINI, Vinícios Ide. **Eficiência de uso de fósforo por cultivares de arroz e de feijoeiro e da fixação biológica de nitrogênio por cultivares de feijoeiro**. 2010. 189 f. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

GERLOFF, G.C. Plant efficiencies in the use of nitrogen phosphorus and potassium. In: WHIGHT, M.J. (Ed.). *Proceedings of workshop on plant adaptation to mineral stress in problem soils*. Beltsville: Maryland, 1976. p. 161-173.

GOMES, Raymundo Pimentel. **Adubos e adubação**. 7ª ed. São Paulo: Nobel, 1978. 187p.

GONÇALVES, F. C.; SOUSA, V. D. F. L.; NOVO JUNIOR, J.; GRANGEIRO, L. C.; de MEDEIROS, J. F.; CECILIO FILHO, A. B.; & MARROCOS, S. D. T. P. Productivity and quality of watermelon as function of phosphorus doses and variety. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 44, p. 4461-4469, 2016.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. In: YAMADA, T. **Fósfor na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: POTAFÓS, n. 95, p. 1-5, 2001.

HOCHMUTH, G. J.; HANLON, E. A.; CORNEL, J. Watermelon Phosphorus Requirements in Soils with Low Mehlich-I-extractable Phosphorus. **HortScience**. v. 28(6), p. 630-632, 1993.

HOPKINS, B. G., ELLSWORTH, J. W., SHIFFLER, A. K., BOWEN, T. R., & COOK, A. G. Pre-plant versus in-season application of phosphorus fertilizer for Russet Burbank potato grown in calcareous soil. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, n. 7, p. 1026-1039, 2010.

IBGE. Produção Agrícola. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 31 de Abril, 2017.

ISHERWOOD, K. F. **Mineral Fertilizer Use and the Environment**. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2000, 51p.

Instituto da Potassa e Fosfato (1998). **Manual internacional de fertilidade do solo**. Tradução e adaptação: Alfredo Scheid Lopes. 2. ed. rev. ampl. Piracicaba: POTAFOS, p.177 .

KANO, Cristiani. Doses de fósforo no acúmulo de nutrientes, na produção e na qualidade de sementes de alface. 2006. v,112 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2006.

KAUWENBERGH, S. J. **World Phosphate Rock Reserves and Resources**. Muscle Shoals: International Fertilizer Development Center (IFDC), 2010. 48 p. Disponível em: <http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnadw835.PDF>. Acesso em 01 de março 2017.

LEÃO, D. S. S.; PEIXOTO, J. R.; VIEIRA, J. V. & CECÍLIO FILHO, A. B. Produtividade de melancia em diferentes níveis de adubação química e orgânica. **Biosci. J.** v. 24, n. 4. p. 32-41, 2008.

LOPES, Alfredo. Scheid. Manual Internacional de Fertilidade do Solo. rev. e amp. **Piracicaba: Potafos**, 1998.

Luca, E. F.; Boarett, A. E.; Muraoka, T.; Chitolina, J. C. **Eficiência de absorção e utilização de fósforo (32p) por mudas de eucalipto e arroz**. *Scientia Agricola*, v.59, n.3, p.543-547, jul./set. 2002.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p.

MALAVOLTA, Eurípedes. **Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade de solo**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 528p.

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

MENDES, I. C.; JUNIOR, F. B. R. **Microrganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica**. EMBRAPA - CPAC, Documentos, 85, Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 26 p.

MIMURA, Tetsuro. Regulation of phosphate transport and homeostasis in plant cells. **International Review of Cytology**, Salt Lake City, v. 190, n. 2, p. 149-200, 1999.

MOURA, W. M.; LIMA, P. C.; CASALI, W. D. Eficiência nutricional para fósforo em linhagens de pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, vol. 19, n. 3, p. 306-312, 2001.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

OLIVEIRA, F. A.; et. al. **Eficiência agrônômica de fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do meloeiro nas condições do semiárido nordestino**. Caatinga (Mossoró/Brasil), v. 21, n. 5, p. 05-11, dezembro 2008.

ORLANDO FILHO, J.; MACEDO, N.; TOKESHI, H. **Seja o doutor do seu canavial**. Arquivo do agrônomo, n.6, POTAFÓS, 1994.

PONNAMPERUMA, F.N.; CAYTON, M.T. & LANTIN, R.S. Dilute hydrochloric acid as an extractant for available zinc, copper and boron in rice soil. *Plant Soil*, 61:297-310, 1981.

PANTANO G.; GROSSELI, G. M.; MOZETO, A. A.; FADINI, P. S. **Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar**. *Quim. Nova*, Vol. 39, No. 6, 732-740, 2016

PAULA, J.A.A.; MEDEIROS, J.F.; MIRANDA, N.O.; OLIVEIRA, F.A.; LIMA, C.J.G.S. Metodologia para determinação das necessidades nutricionais de melão e melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 911-916, 2011.

PELÁ, A.; GONÇALVES, R. N.; de SOUZA PEREIRA, F.; RODRIGUES, F.; CRUZ, S. J. S. Phosphorus use efficiency in maize as a function of different sources. *Australian Journal of Crop Science*. p. 71-75.2017

PEREIRA, Natanael Santiago. **Otimização da adubação fosfatada para a cultura da melancia irrigada em ambiente semiárido**. 2016. 151 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró. 2016.

QUEIROGA, Fabio Martins. **Doses e fontes de nitrogênio, fósforo e potássio para produção dos melões amarelo e harper em solo com histórico de cultivo de meloeiro**. 2014. 183 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró. 2014.

RAIJ, Bernardo Van. **Fertilidade do solo e adubação**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1991. 343p.

RODRIGUES, Tatiana Michlovská. **Produção de crisântemo cultivado em diferentes substratos fertirrigados com fósforo, potássio e silício**. 2006. 95f. Tese (Doutorado em agronomia- Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

RIBEIRO, Nathália Lopes. **Eficiência nutricional e densidade radicular de oito variedades de cana-de-açúcar submetidas à irrigação por gotejamento**. 2016. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz.

ROTILI, E.A., FIDELIS, R.R.; SANTOS, M.M.; BARROS H.B.; PINTO L.C. **Eficiência do uso e resposta à aplicação de fósforo de cultivares de arroz em solos de terras altas.** *Bragantia*, Campinas, v. 69, n. 3, p.705-710, 2010

SANTOS, Valdevan Rosendo Dos. **Crescimento e produção da cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo.** 2006, 104 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2006.

SANTOS, A. P. F.; SOUZA, M. S.; MEDEIROS, J. F.; CHAVES, S. W. P.; SILVA, M. V. T.; AROUCHA, E. M. M. Produção da melancia cultivar olímpia fertirrigada com diferentes doses de nitrogênio e fósforo. In: Reunião Sulamericana para manejo e sustentabilidade da irrigação em regiões áridas e semi-áridas, 2, 2011. **Resumos...**, Cruz das almas, 2011.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; VIEIRA, M.C.; ROBAINA, A.D.; NASCIMENTO, J.M.; VERONESI, C.;MATOS, F.. **Eficiência da absorção, translocação e uso de N e P pela *Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen.** *Rev. bras. plantas med*, v.14, n.2, p.255-260, 2012.

SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. *Journal of Plant Nutrition*, v. 4, n. 3, p. 289-302, 1981.

SILVA, Fábio César Da. (Ed.).**Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Embrapa Informação Tecnológica. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SILVA, F. N.; MAIA, S. S. S.; AQUINO, B. F.; HERNANDEZ, F. F. F. Rendimento de melão amarelo em resposta à aplicação de diferentes fontes e doses de fósforo. **Revista Verde**, v. 5, n. 2, p. 213-221, 2010.

SILVA, J.T.A.; BRAGA, J.M. Influência de características físicas e químicas sobre o fator capacidade-tampão de fósforo em Latossolos do Estado de Minas Gerais. **Revista Ceres**, v.41, p.575-583, 1993.

SILVA, Luiz Otávio Duarte. **Influência de doses e modos de aplicação de fósforo e determinação da curva de acúmulo de nutrientes na cultura do repolho.** 2016. 41 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa. Rio Parnaíba. 2016.

SILVA, M. V. T.; SANTOS, A. P. F. OLIVEIRA, F. L.; SOUSA, M. S. & MEDEIROS, J. F. Eficiência agrônômica e fisiológica na melancia fertirrigada com diferentes doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 9(2), 2014, p. 264-269.

SOUZA, Marcelo Sobreira. **Nitrogênio e fósforo aplicados via fertirrigação em melancia híbridos olímpia e leopardo.** 2012. 282 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró. 2012.

TEIXEIRA, W. G.; SOUSA, R. T. X.; KORNDÖRFER, G. H. Resposta da cana-de-açúcar a doses de fósforo fornecidas por fertilizante organomineral. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 30, n. 6, p. 1729-1736, 2014.

TEIXEIRA, W. G.; SOUSA, R. T. X.; KORNDÖRFER, G. H. Resposta da cana-de-açúcar a doses de fósforo fornecidas por fertilizante organomineral. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 30, n. 6, p. 1729-1736, 2014.

WHITEAKER, G.; GERLOFF, G.C.; GABELMAN, W.H.; LINDGREN, D. Intraspecific differences in growth of beans at stress levels of phosphorus. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 101, n. 4, p. 472-475, 1976.