UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola

IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO POTÁSSICA NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO GIRASSOL

LUANA GLAUP ARAÚJO DOURADO

RONDONÓPOLIS - MT
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola

IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO POTÁSSICA NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO GIRASSOL

LUANA GLAUP ARAÚJO DOURADO
Engenheira Agrícola e Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Márcio Koetz

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas da Universidade Federal de Mato Grosso, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

RONDONÓPOLIS – MT
2015

À minha avó, Nilza de Moura Dourado, pela educação, apoio, dedicação e ensinamentos, pelo amor incondicional e pelo exemplo de vida.

Ao meu irmão, Luan, pelo o amor que nos une, pelo carinho, apoio e por sempre estar ao meu lado.

Ofereço

À minha mãe, Maria das Graças, pelo amor e incentivo durante todos esses anos.

Ao meu avô Antônio Francisco Dourado (*in memorian*) e ao meu pai Antônio Wagner Moura Dourado (*in memorian*), pelo amor, dedicação e ensinamentos de vida.

Esta vitória tão importante é dedicada a vocês dois.

Dedico

AGRADECIMENTO

A Deus, pela minha vida, por estar sempre ao meu lado, por me dar força para enfrentar novos desafios a cada dia, sempre segurando minhas mãos. Por todas as bênçãos concebidas, guiando-me para as melhores escolhas.

À minha família, pelo amor, paciência, compreensão e apoio em todas as minhas decisões.

À UFMT - Universidade Federal de Mato Grosso, pela oportunidade de realizar o mestrado, e à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pelo apoio e dedicação ao curso.

Ao meu orientador Prof°. Dr. Márcio Koetz, pela sabedoria, ensinamentos, oportunidade, dedicação e por sempre estar à disposição em ajudar.

À Profª Drª. Edna Maria Bonfim da Silva, pelo grande exemplo de dedicação, pelas oportunidades, pelo auxílio e pela disposição em contribuir sempre.

Agradeço ao Prof. Dr. Tonny, pelos seus ensinamentos, competência, dedicação, incentivo e por toda atenção.

A todos os Professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pelos ensinamentos e contribuição na minha formação acadêmica.

Ao Raphael Pereira França de Paula, pelo carinho, amor, dedicação, compreensão e apoio em todos os momentos durante a realização deste curso.

As minha amigas Nayra Fernandes Aguero e Vanessa Mendes Rêgo, agradeço pela amizade, carinho e apoio nos períodos de dificuldades, pelos bons momentos de descontração e pelo companheirismo sempre.

Aos alunos do Programa de Pós-Gradução em Engenharia Agrícola, que sempre estiveram dispostos a ajudar, pela amizade, respeito e pelos momentos de descontração que foram marcantes nesses dois anos de convivência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

A todos que de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

OBRIGADA!

IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO POTÁSSICA NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO GIRASSOL

RESUMO – O girassol (*Helianthus annuus* L.) encontra-se entre as quatro culturas de maior produção de óleo comestível no mundo, apresentando um elevado potencial para produção de biodiesel e o seu subproduto um complemento na alimentação de animais. O déficit hídrico é o principal fator limitante para o desenvolvimento do girassol quando a fertilidade do solo não se encontra comprometida, sendo o potássio o elemento exigido em maior quantidade pela cultura para alcançar uma boa produção. Assim, objetivou-se avaliar os efeitos de níveis de irrigação e doses de potássio sobre o desenvolvimento e produção do girassol em Latossolo Vermelho do Cerrado. O experimento foi realizado em casa de vegetação da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Rondonópolis – MT, no período de abril a agosto de 2015, utilizando-se um Latossolo Vermelho distrófico, coletado sob vegetação de Cerrado, na camada de 0-0,2 m de profundidade. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados, arranjados em esquema fatorial 5x4, com 20 tratamentos e quatro repetições, perfazendo 80 parcelas experimentais. Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de potássio (0, 40, 80, 160 e 240 mg dm^{-3} de K_2O) e quatro níveis de reposição de água no solo (75, 100, 125 e 150% da capacidade de campo (CC)). O manejo de irrigação foi realizado a partir da leitura da tensão nos tensiômetros instalados, nas unidades experimentais com reposição de 100 % da lâmina recomendada. Foram avaliadas as seguintes características: altura de plantas, índice de clorofila, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, diâmetro do capítulo interno e externo, florescimento, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca de grãos, aquênios viáveis e eficiência no uso da água. Os resultados foram submetidos a análise de variância e posterior teste de regressão utilizando-se o programa estatístico SISVAR. A altura de plantas aos 15 e 30 dias após a emergência, o índice de clorofila e o diâmetro interno do capítulo, ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão para a adubação potássica, apresentando maiores resultados nas doses de potássio de 150; 183,40; 155,83 e 183,72 mg dm^{-3}, respectivamente. Para o desenvolvimento do girassol (altura, número de folhas e diâmetro do caule) o intervalo de nível de água no solo para o máximo desenvolvimento ficou entre 141,56 à 150% da capacidade de campo; Para produção de flor (diâmetro interno e externo do capítulo) o nível de reposição de água de 150% CC, proporcionou os maiores diâmetros. Os melhores resultados para massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca de grãos e eficiência no uso da água dependeram da combinação de níveis de irrigação com doses de potássio aplicadas ao solo. A adubação potássica influencia positivamente as características fitométricas, produtivas e nutricionais de plantas de girassol aos 15, 30, 45 e 60 DAE. O nível de reposição de água de 150% da capacidade de campo proporcionou os melhores resultados de produção e desenvolvimento do girassol em Latossolo Vermelho do Cerrado.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L., Cerrado, Latossolo, oleaginosa, tensiômetro

IRRIGATION AND POTASSIUM FERTILIZATION ON GROWTH AND SUNFLOWER PRODUCTION

ABSTRACT - Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is between the four cultures of higher edible oil production in the world, with a high potential for producing biodiesel and its by-product a supplement for animal feed. Water deficit is the limiting factor for the development of sunflower when the soil fertility is not compromised, with potassium being required element in the greatest amount by the culture to attain a good yield. The objective was to evaluate the effect of irrigation levels and potassium doses on the development and production of sunflower in Oxisol of the Cerrado. The experiment was conducted in a greenhouse at the Federal University of Mato Grosso, Campus Rondonopolis - MT during the period April to August 2015, using an Oxisol, collected under Cerrado vegetation in 0-0 layer 2 m deep. The statistical design was randomized blocks, arranged in a 5x4 factorial scheme, with 20 treatments and four repetitions, totaling 80 experimental plots. The treatments consisted of five doses of potassium (0, 40, 80, 160 and 240 mg dm^{-3} of K_2O) and four levels of water replacement in the soil (75, 100, 125 and 150% of field capacity (FC)). The irrigation management was carried out from reading the tension in the installed tensiometers, the experimental units with replacement of 100% of the recommended blade. The following characteristics were evaluated: plant height, chlorophyll content, stem diameter, number of leaves, leaf area, diameter of the inner and outer section, flowering, shoot dry weight, root dry mass, dry mass of grain, achenes viable and efficient use of water. The results were submitted to variance analysis and subsequent regression testing using the statistical program SISVAR. The plant height at 15 and 30 days after emergence, chlorophyll content and the inner diameter of the chapter, set the quadratic regression model for K fertilization, with greater results for potassium doses of 150; 183.40; 155.83 and 183.72 mg dm^{-3}, respectively. For the development of sunflower (height, leaf number and stem diameter) water level range in the soil for maximum development was between 141.56 to 150% of field capacity; For flower production (inside and outside diameter of the chapter) the level of water replacement 150% FC, provided the larger diameters. The best results for dry weight of shoot, root dry mass, dry mass of grains and efficiency in water use depended on the combination of irrigation levels with potassium doses applied to the soil. Potassium fertilization positively influences the photometric, productive and nutritional characteristics of sunflower plants at 15, 30, 45 and 60 DAE. The 150% water replacement level of field capacity provided the best results of development and production of sunflower in Oxisol of the Cerrado.

Keywords: *Helianthus annuus* L., Savannah, Oxisol, oilseed, tensiometer

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Heliotropismo em folhas jovens. Fonte: Autor, 2015. 14

FIGURA 2. Temperatura máxima, mínima e média (A) e umidade relativa máxima, mínima e média (B), observada durante a condução do experimento. 29

FIGURA 3. Coleta de solo em área de Cerrado. 30

FIGURA 4. Vista geral do experimento em casa de vegetação, arranjado em blocos casualizados. 31

FIGURA 5. Semeadura (A) e germinação de plântulas de girassol (B). 32

FIGURA 6. Curva característica de retenção de água no solo. Fonte: Soil Water Retention Curve – SWRC (DOURATO NETO et al., 1990). 33

FIGURA 7. Manejo de irrigação de plantas de girassol. 34

FIGURA 8. Altura de planta (A), leitura SPAD (B) e diâmetro do caule (C) de plantas de girassol. 36

FIGURA 9. Florescimento de plantas de girassol. 37

FIGURA 10. Debulha manual de aquênios de plantas de girassol. 38

FIGURA 11. Massa seca da raiz (A); Massa seca de grãos (B) de plantas de girassol. 38

FIGURA 12. Aquênios viáveis (A) e inviáveis (B) de plantas de girassol. 39

FIGURA 13. Altura de plantas (cm) aos 15 (A), 30 (B), 45 (C) e 60 dias após a emergência (D) em função das doses de K_2O em Latossolo Vermelho. ***, ** Significativo a 0,1 e 1%. 40

FIGURA 14. Altura de plantas aos 45 (A), 60 DAE (B) em função dos níveis de irrigação em Latossolo Vermelho. *** Significativo a 0,1%. 42

FIGURA 15. Número de folhas aos 30 (A), 60 DAE (B) em função das doses de K_2O em Latossolo Vermelho. ** Significativo a 1%. 43

FIGURA 16. Número de folhas aos 45 e 60 DAE em função dos níveis de irrigação em Latossolo Vermelho. ***, ** Significativo a 0,1 e 1%. 44

FIGURA 17. Diâmetro de caule aos 45 (A) e 60 DAE (B) em função dos níveis de irrigação em Latossolo Vermelho. *** Significativo a 0,1%. 46

FIGURA 18. Índice de clorofila aos 60 DAE em função das doses de K_2O em Latossolo Vermelho. * Significativo a 5%. 47

FIGURA 19. Diâmetro interno do capítulo aos 60 DAE em função das doses de K_2O em Latossolo Vermelho. ***, ** Significativo a 0,1 e 1%. 48

FIGURA 20. Diâmetro interno do capítulo aos 60 DAE em função dos níveis de irrigação em Latossolo Vermelho. *** Significativo a 0,1%. 49

FIGURA 21. Diâmetro externo do capítulo aos 60 DAE em função das doses de K_2O em Latossolo Vermelho. ** Significativo a 0,1%. 50

FIGURA 22. Diâmetro externo do capítulo aos 60 DAE em função dos níveis de irrigação em Latossolo Vermelho. *** Significativo a 0,1%. 51

FIGURA 23. Massa seca da parte aérea, em função das combinações de doses de K_2O e níveis de irrigação no solo 75 (A), 100 (B), 125 (C) e 150% da capacidade de campo (D). ***, **, * Significativo a 0,1; 1 e 5% respectivamente. 52

FIGURA 24. Massa seca da parte aérea, em função das combinações de níveis de irrigação e doses de K_2O, 0 (A), 40 (B), 80 (C) e 160 (D) e 240 mg dm^{-3} (E). ***, * Significativo a 0,1 e 5% respectivamente. 54

FIGURA 25. Massa seca da raiz, em função das combinações de doses de K_2O e níveis de irrigação no solo 100 (A), 125 (B), 150% da capacidade de campo (C). ***, **significativo a 0,1 e 1% respectivamente. 55

FIGURA 26. Massa seca da raiz, em função das combinações de níveis de irrigação e doses de K_2O 160 (A) e 240 mg dm^{-3} (B). *** Significativo a 0,1%. 56

FIGURA 27. Número de grãos em função das doses de K2O em Latossolo Vermelho. *** Significativo a 0,1%. 58

FIGURA 28. Massa de grãos, em função das combinações de doses de K2O e níveis de irrigação no solo 75 (A), 100 (B), 125 (C), 150% da capacidade de campo (D). *** significativo a 0,1. 59

FIGURA 29. Massa de grãos, em função das combinações de níveis de irrigação e doses de potássio 160 (a) e 240 mg dm^{-3} (b). *** Significativo a 0,1%. 60

FIGURA 30. Eficiência de plantas de girassol no uso da água, em função das combinações de doses de K2O e níveis de irrigação no solo 75 (A), 100 (B), 125 (C), 150% da capacidade de campo (D). ***, ** significativo a 0,1 e 1%. 62

FIGURA 31. Eficiência de plantas de girassol no uso da água, em função das combinações de níveis de irrigação e doses de K2O 40 (A), 80 (B), 160 (C) e 240 mg dm-3 (D). ***, * Significativo a 0,1 e 5%. 63

SUMÁRIO

1 **INTRODUÇÃO** 10
2 **REFERENCIAL TEÓRICO** 12
2.1 Origem e características botânicas do girassol 12
2.2 Características gerais 14
2.3 Importância e utilização do girassol 16
2.4 Necessidade hídrica da cultura 18
2.5 Tensiometria 20
2.6 Requerimentos nutricionais para a cultura do girassol 21
2.7 Adubação potássica e respostas na cultura do girassol 24
3 **MATERIAL E MÉTODOS** 28
3.1 Localização do experimento e informações climáticas 28
3.2 Coleta, análise e correção do solo 29
3.3 Delineamento experimental 31
3.4 Manejo de adubação e semeadura 31
3.5 Manejo de irrigação 32
3.6 Volume de água aplicado 35
3.7 Variáveis analisadas 36
3.8 Análise estatística 39
4 **RESULTADOS E DISCUSSÃO** 40
4.1 Altura de planta 40
4.2 Número de folhas 43
4.3 Diâmetro do caule 45
4.4 Índice de clorofila 47
4.5 Diâmetro interno do capítulo 48
4.6 Diâmetro externo do capítulo 50
4.7 Massa seca da parte aérea 51
4.8 Massa seca da raiz 55
4.9 Número de grãos 57
4.10 Massa de grãos 58
4.11 Eficiência no uso da água 61
5 **CONCLUSÕES** 65
6 **REFERÊNCIAS** 66

1 INTRODUÇÃO

A importância da cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) tem aumentado no cenário agrícola nacional e internacional. O seu cultivo está ligado principalmente à produção de óleo tanto relacionado ao consumo humano como para a produção de biocombustíveis. Tais peculiaridades da cultura despertam grande interesse mundial, pois representam uma alternativa para a produção de matéria-prima em função do elevado teor de óleo presente nos aquênios e também a sua ampla adaptação às diferentes regiões edafoclimáticas (LEITE et al., 2005).

Dos anos 2000 para cá o girassol apresenta-se, como uma cultura promissora em todo o Brasil. Seu cultivo torna-se a cada ano, mais atraente para investimentos dos agricultores, consolidando-se como uma realidade propícia em boa parte do território brasileiro (OLIVEIRA et al., 2008).

A produção de girassol desponta como alternativa a outras culturas, pois a mesma apresenta características desejáveis do ponto de vista agronômico, como ciclo curto, alta qualidade e quantidade de óleo produzido, tolerância ao déficit hídrico, apresenta alto grau de adaptabilidade e possui custo de produção menor que outras oleaginosas, sendo uma boa opção de renda aos produtores brasileiros (CASTRO, 2007; SILVA et al., 2007).

A produção de girassol influencia, positivamente, ainda, a rentabilidade das culturas subsequentes, agindo como reciclador de nutrientes, tendo efeito alelopático às plantas invasoras e melhorando as características físicas do solo (UNGARO, 2001).

A cultura do girassol permite a geração de empregos, incremento nas economias regionais e possibilidade de participação do pequeno agricultor, favorecendo, assim, melhores condições de vida no campo. A planta é praticamente toda aproveitada, como alimento humano e animal, adubação verde, reciclagem de nutrientes e produção de biodiesel.

O girassol tem sido cultivado cada vez mais por suas diversas características, desta forma surge a necessidade de buscar novas tecnologias para suprir as suas exigências e assim adaptá-las através do melhoramento genético ou satisfazê-las de acordo com o que cada região pode oferecer.

O déficit hídrico é o principal fator limitante para o desenvolvimento das plantas. Para a cultura do girassol, a ocorrência de déficit hídrico, principalmente durante a floração e no enchimento dos aquênios, prejudica o rendimento e o teor de óleo.

A irrigação aliada à adubação com elementos químicos considerados benéficos às culturas tem se tornado comum entre os agricultores. O potássio é o segundo elemento mais absorvido pela maioria das plantas, e segundo Malavolta (2005), é um cátion abundante, estando presente nos tecidos, principalmente em formas solúveis em água, sendo considerado o mais móvel dos nutrientes no sistema solo-água-planta e, particularmente, na planta.

As reservas de potássio da maioria dos solos da Região do Cerrado são baixas e insuficientes para suprir as quantidades extraídas pelas principais culturas em plantios sucessivos. Portanto, seu suprimento às plantas deve ser feito por meio de adubação (VILELA et al., 2004).

Partindo-se da hipótese de que as combinações de doses de potássio e níveis de irrigação influenciam no crescimento, desenvolvimento e nutrição da cultura do girassol, objetivou-se avaliar os efeitos de doses de potássio e níveis de irrigação sobre o desenvolvimento e comportamento produtivo do girassol em Latossolo Vermelho do Cerrado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem e características botânicas do girassol

O girassol (*Helianthus annus* L.) é uma planta oleaginosa originária da América do Norte que foi levada para o continente europeu pelos colonizadores espanhóis e portugueses em meados do século XVI, passando a ser cultivado como planta ornamental. As propriedades oleaginosas dos frutos foram descobertas na Rússia em 1830, sendo então reintroduzido na América do Norte, via Canadá (GONÇALVES et al., 1999).

Atualmente, o girassol é cultivado em todos os continentes. O maior produtor e consumidor de grãos da cultura é a Ucrânia, seguida da Rússia e União Européia (USDA, 2014). Dados da CONAB (2014) apontam um crescimento notável na produção de girassol no Brasil, a qual passou de 110 a 247 mil toneladas, com destaque para a produção no Estado de Mato Grosso.

O girassol é uma dicotiledônea pertencente à ordem Asterales, família Asteraceae e tribo Heliantheae (JOLY, 1993). A espécie *Helianthus annuus* L., faz parte do gênero *Helianthus* juntamente com mais quarenta e nove espécies e dezenove subespécies, sendo doze espécies anuais e trinta e sete perenes, todas nativas das Américas (UNGARO, 1986). O girassol cultivado é uma planta anual, geralmente de haste única e com uma inflorescência no seu ápice.

Apresenta sistema radicular do tipo pivotante, denominado explorativo, significando que grande volume de solo pode ser explorado com uma combinação entre raízes grossas e finas, promovendo uma considerável reciclagem de nutrientes e aumentando a matéria orgânica do solo quando deixado após a colheita (CASTRO et al., 1996a). O girassol apresenta bom rendimento em locais onde outras plantas seriam prejudicadas, em função do seu sistema radicular profundo e ramificado. Essa característica permite, ainda, à planta absorver melhor a água do solo, tolerando a seca e apresentando, portanto, grande potencial de cultivo em zonas semiáridas (GARZA et al., 2001; UNGARO, 2001).

O caule do girassol é herbáceo, ereto, vigoroso e cilíndrico, com ou sem pelos, geralmente sem ramificações, estriado longitudinalmente, fistulado e oco, cheio de um tecido aquoso e esponjoso que desaparece na maturação,

possuindo coloração verde até o término da floração, tornando-se amarelo e, a seguir, pardacento na época da colheita (PELEGRINI, 1985; ROSSI, 1998). O diâmetro do caule varia entre 15 e 90 mm e quanto à altura, são observadas variações de 0,5 a 4,0 m (CASTIGLIONI et al.,1994), usualmente oscilando entre 1,0 e 2,5 m.

As suas folhas são alternadas e pecioladas de coloração variando de verde-escuro a verde-amarelo, com comprimento de 8 a 50 cm e com um número de folhas por caule variando entre 8 e 70, mais geralmente este número fica entre 20 e 40 dependendo das condições climáticas e da variedade, além disso, as folhas de girassol podem ter diversos formatos e tamanhos (FRANK & SZABO, 1989).

A sua inflorescência é do tipo capítulo (formação na parte do ápice do colmo de um alongamento discóide), podendo ser plana, convexa ou côncava, formada por inúmeras flores hermafroditas (de 100 a 8000 flores) que dão origem aos frutos denominados aquênios (grãos), arranjada em arcos radiais (CASTRO et al., 1996a). A base do capítulo é chamada receptáculo, sobre o qual estão as brácteas e flores. O diâmetro do capítulo varia geralmente de 10 a 40 cm, dependendo da variedade ou híbrido e das condições do desenvolvimento, devido ao clima e solo (UNGARO, 2000; ROSSI, 1998).

A orientação do capítulo na direção do sol, conhecido como heliotropismo, deve-se ao crescimento diferenciado do caule. Esta movimentação ocorre em função da iluminação desigual de um lado para outro da planta. O lado da planta que está sombreado acumula auxina. Este acúmulo faz com que a parte que está à sombra cresça mais rapidamente do que a que está ao sol e, deste modo, o caule e o capítulo inclinam-se para o sol. Com o pôr-do-sol, a auxina é redistribuída na planta e o capítulo retorna à posição inicial, voltada para leste (SEILER, 1997). Este tropismo do capítulo ocorre até o início do florescimento e após este período, permanece voltado para a face leste até cumprir totalmente seu amadurecimento (ROSSI, 1998).

Além do capítulo, o heliotropismo também ocorre nas folhas jovens, o que melhora a eficiência da capitação de luz, aumentando a taxa fotossintética diária em até 23% (SHELL; LANG, 1976, citados por CASTRO; FARIAS, 2005). Este movimento pode ser percebido ao amanhecer, com o aparecimento do sol,

quando as folhas inclinam-se o mais perpendicular possível em relação aos raios solares.

FIGURA 1. Heliotropismo em folhas jovens. Fonte: Autor, 2015.

Os aquênios têm forma oblonga, geralmente achatada, composto de pericarpo (casca ou tegumento), mesocarpo e endocarpo (amêndoa) de tamanho, cor e teor de óleo variável conforme as características de cada cultivar. As amêndoas contêm baixo teor de fibras, entretanto são ricas em óleo e proteína. Já a casca contém baixa percentagem de óleo (0,4 a 1,7%) e proteína bruta (1,7 a 4,5%), com cerca de 50% de fibra crua (ABOISSA, 2005). Entre outros usos, suas sementes podem ser utilizadas para fabricação de ração animal e extração de óleo de alta qualidade para consumo humano ou como matéria-prima para a produção de biodiesel (PORTO et al., 2007).

O girassol é uma cultura que se adapta a diferentes condições edafoclimáticas, podendo ser cultivada em todos os Estados nacionais (LEITE et al., 2007).

2.2 Características gerais

O girassol é uma oleaginosa que sob o ponto de vista agronômico apresenta características desejáveis, tais como: ciclo curto, elevada qualidade e bom rendimento de óleo, resistência a seca, frio e ao calor e apresenta rendimento agrícola pouco influenciado pela altitude, latitude e fotoperíodo. Na rotação de culturas traz benefícios para o solo, colabora para a erradicação de

doenças e pragas que porventura fiquem nos restos da cultura anterior, excelente recicladora de nutrientes proporcionando um maior equilíbrio destes no solo, além de que o sistema radicular da planta favorece a descompactação do solo, contribuindo para um bom desenvolvimento das culturas sucessoras proporcionando ganhos expressivos de produtividade (DALL' AGNOL et al., 2005).

O girassol pode ser plantado durante todo o ano, uma vez que haja disponibilidade de água, possibilitando o melhor aproveitamento das áreas agrícolas, através de rotação com outras culturas. No Brasil, uma grande parte do território é considerada apta para o cultivo de girassol, por apresentar condições climáticas satisfatórias (MEDEIROS, 2007). É uma cultura de fácil adaptabilidade a diferentes regiões do País, adequando sua época de semeadura às condições edafoclimáticas locais.

Uma importante característica do girassol é a sua resistência à amplitude térmica, compreendida na faixa entre 8 e 34 °C, sendo possível a sua adaptação em lugares de dias quentes e noites frias. Temperaturas baixas acarretam um aumento do ciclo da cultura, atrasando a floração e a maturação, além de que se ocorrerem após o início da floração, pode afetar significativamente o rendimento. Por outro lado, elevadas temperaturas também podem prejudicar o desenvolvimento da planta, principalmente se houver pouca disponibilidade hídrica. Tais temperaturas, durante a formação dos grãos, afetam seriamente a composição de ácidos graxos e, temperaturas superiores a 35°C, reduzem o teor de óleo (MOTA, 1983). Estudos conduzidos sob condições controladas indicam que a temperatura ótima para desenvolvimento do girassol encontra-se na faixa entre 27 a 28°C.

Por mais que o girassol seja considerado uma planta rústica e tenha facilidade de adaptação em vários tipos de solo, o ideal é a utilização de solos corrigidos, com pH entre 5,2 e 6,4, a fim de se evitar sintomas de toxidez. Além disso, solos profundos, de textura média, férteis, planos e bem drenados, favorecem o bom desenvolvimento do sistema radicular. Essas características dão maior resistência à seca e ao tombamento, proporcionando maior absorção de água pelo bom desenvolvimento do sistema radicular (ACOSTA, 2009).

Conforme Krzyzanowski et al. (2005), a colheita do girassol é uma etapa fundamental dentro do sistema de produção, uma vez que as características próprias da planta e as condições climáticas de cada região podem dificultar a sua realização, comprometendo significativamente os esforços investidos nas lavouras. A colheita deve ser iniciada quando a umidade dos aquênios estiver entre 10 a 12%. De acordo com as cultivares (precoces e tardias), ocorre ao redor de 90 a 130 dias após a emergência das plantas, dependendo das condições climáticas da região.

2.3 Importância e utilização do girassol

O cultivo de girassol tem hoje abrangência mundial, colocando a espécie atualmente como a quinta oleaginosa em produção de matéria prima, ficando atrás somente da soja (*Glycine max* L.), colza (*Brassica napus* L.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e amendoim (*Arachis hipógea*), além de representar a quarta oleaginosa em produção de farelo depois da soja, colza e algodão e terceira em produção mundial de óleo, depois da soja e colza (Lazzaratto et al., 2005). Segundo dados da USDA (2015) a produção mundial de grãos de girassol para a safra 2015/2016 deverá ser da ordem de 39,9 milhões de toneladas, com queda de 0,02%, se comparada com a safra passada.

O constante avanço de áreas semeadas com girassol vem ganhando números relevantes também no cenário nacional, segundo levantamento da CONAB (2015) realizado no mês de novembro. A estimativa é de que a área de cultivo de girassol para a safra 2015/2016 deverá ser a mesma plantada na safra passada (2014/2015), em torno de 111,5 mil hectares. Destaca-se o Estado do Mato Grosso que deve plantar uma área de 86,4 mil hectares, correspondendo a 78% da produção nacional de girassol. Em seguida vem o Estado de Minas Gerais, com 11,3 mil hectares de área plantada. As diferenças mais marcantes entre os estados produtores ficam a cargo do nível tecnológico empregado: sistema de manejo, sementes utilizadas, dosagens de fertilizantes aplicados e época de semeadura (IBGE, 2010).

Dois fatores contribuíram para que houvesse uma curva crescente da cultura do girassol. O primeiro foi através do estímulo do Governo Federal para o uso de óleos vegetais em substituição aos derivados de petróleo

(biocombustível), e em segundo, o interesse surgido entre os produtores pelo cultivo em larga escala do girassol, diante da necessidade de encontrar alternativas, para plantar em suas áreas após o cultivo de verão (PELEGRINI, 1985). O aumento do cultivo do girassol no Brasil vem ocorrendo principalmente, pelo surgimento de indústrias interessadas em adquirir o produto e pela necessidade dos agricultores por novas opções de cultivo, amparados pelos resultados de pesquisa e por novas tecnologias geradas (VIEIRA, 2005).

Dentre as diversas características da cultura, três merecem destaque: possui elevado teor de óleo nos grãos (38% a 50%), que está altamente relacionada com a quantidade de cascas que a cultivar apresenta e que varia de 20 a 25% em função dos genótipos; o custo de extração do óleo é baixo, pois é facilmente obtido por meio do uso de prensas; e é uma cultura com melhor aproveitamento da água do solo e da adubação remanescente (CASTRO C. et al., 2010).

O girassol é uma das poucas plantas das quais o homem pode explorar quase todas as suas partes; inteira, ela pode ser utilizada como adubo verde, forragem e silagem; as raízes podem atuar na reciclagem de nutrientes e ser aproveitadas como matéria orgânica, visando à melhoria do solo; o caule pode ser utilizado na construção civil como isolante térmico e acústico (UNGARO, 1986); as folhas podem ser usadas como herbicida natural (ALVES, 2007) e os capítulos fornecem sementes (aquênios), também utilizadas na alimentação animal e, por fim, podem ser utilizadas como plantas ornamentais, já que sua beleza é incontestável. Na área de floricultura e ornamentação, sua utilização pode ser ampliada com a criação de girassóis coloridos (VIEIRA, 2005).

O óleo de girassol vem despertando, nos últimos anos, o interesse de muitos consumidores pelo recente conhecimento científico sobre suas propriedades nutricionais, deixando-o em uma posição de destaque no cenário mundial no consumo de óleo comestível. O girassol produz atualmente cerca de 1.000 litros de óleo por hectare/ano. Com alto teor de óleo nos grãos, consequentemente com maior rendimento por tonelada que algumas leguminosas anuais, e tendo facilidade de extração do óleo por prensagem, o girassol é uma cultura apropriada para pequena propriedade, favorecendo a

inclusão do agricultor familiar na cadeia produtiva, tendo assim importância no aspecto social da agricultura (EMBRAPA, 2006)

Do girassol também se pode extrair a farinha panificável, que tem sido utilizada na fabricação de pão misto, em mistura com as farinhas de trigo, milho e sorgo (SACHS et al., 2005). Nos países eslavos as sementes de girassol são torradas, moídas e utilizadas como sucedâneo do café (VIEIRA, 2005).

Da biomassa podem-se obter combustíveis (sólidos, líquidos e gasosos) de caráter renovável, entre os quais o álcool etílico é um dos mais nobres, pois não é tóxico, é de fácil transporte e pode substituir, em parte, o consumo de gasolina (ORTEGA et al., 2008). Desta forma, a casca pode ser posta para fermentar e produzir cerca de 50 L de álcool etílico a partir de 600 a 700 kg de casca de girassol (PORTAS, 2001).

Além dos usos anteriormente citados, o óleo de girassol pode também ser utilizado nas indústrias farmacêuticas, de cosméticos, de tintas e de limpeza. Suas sementes podem ser torradas e usadas como aperitivo, na composição de barras de cereais, biscoitos, papas de bebês, alimento de pássaros e ração para cães e gatos. Em áreas de reforma de canaviais utilizando o girassol, observa-se uma melhoria no desempenho e produtividade da cana-de-açúcar (AMBROSANO et al., 2005), e em áreas de soja e milho que se faz rotação com o girassol pode se observar um incremento na produtividade de 10% para a soja e de 15 a 20% para o milho (LEITE & CARVALHO, 2005).

2.4 Necessidade hídrica da cultura

Os principais fatores que influenciam na quantidade de água requerida pelas plantas variam em função das condições climáticas, da duração do ciclo e do manejo do solo e da cultura. Entretanto, solos bem preparados e/ou com alta capacidade de armazenamento de água permitem, à planta, tolerar maiores períodos sem chuvas e/ou irrigação (CASTRO, 1999).

Segundo EMBRAPA (2010b), as necessidades hídricas do girassol ainda não estão perfeitamente definidas, existindo informações que indicam desde menos de 200 mm até mais de 900 mm por ciclo. Entretanto, na maioria dos casos, 500 a 700 mm de água, bem distribuídos ao longo do ciclo, resultam em rendimentos próximos ao máximo. Apesar de ser considerado tolerante à seca,

verifica-se que o déficit hídrico é o principal fator limitante para a produção da cultura quando a fertilidade do solo não se encontra comprometida, podendo reduzir drasticamente a produção de grãos. A fase mais crítica da cultura ao déficit hídrico é o período compreendido entre cerca de 10 a 15 dias antes do início do florescimento e 10 a 15 dias após o final da floração.

Um pouco mais preciso a FAO (2010), divulga que a porcentagem total média de água usada nos diferentes períodos de crescimento da cultura do girassol é de aproximadamente 20% durante o período vegetativo e de 55% durante o florescimento, restando 25% para o período de enchimento de grãos.

Comumente, o girassol é cultivado como cultura de sequeiro, embora não seja altamente tolerante à seca; todavia, apresenta boa resposta à irrigação e acréscimos de rendimento acima de 100% são comuns, em comparação com cultivos sem irrigação (ANDRADE, 2000).

Essa cultura tem uma capacidade aproximada de 92% de extrair a água disponível da camada de solo compreendida da superfície até dois metros de profundidade, contra 64% do sorgo (BREMNER et al., 1986), dando-lhe a propriedade de resistir a curtos períodos de estresse hídrico. Possui baixa eficiência no uso da água, sendo que cada litro de água consumido produz menos de dois gramas de matéria seca. Porém, em condições de déficit hídrico, essa eficiência aumenta em torno de 20% a 50%.

Sionit et al. (1973) salientam a importância da umidade do solo no desenvolvimento e rendimento do girassol, e que o rendimento máximo é alcançado quando o solo encontra-se em capacidade de campo, evidenciando a importância da época de semeadura sobre o rendimento das culturas.

Estudando crescimento e rendimento de girassol sob diferentes regimes de irrigação no Paquistão, Ghani et al. (2000), concluíram que, quanto maior a lâmina de água aplicada maiores também o diâmetro do capítulo, o número de sementes viáveis, o peso de 1000 sementes e o rendimento de sementes, entretanto, sem diferenças estatísticas para o número de plantas por parcela.

Após testar 25 genótipos de girassol submetidos a estresse hídrico, Tahir et al. (2002), observaram redução da altura de plantas (6,42%), área foliar (25,56%), diâmetro do capítulo (15,21%), peso de 1000 aquênios (22,63%), rendimento por planta (34,13%) e peso seco da haste (19,56%) nos tratamentos

com menores conteúdos de água disponível no solo. Karam et al. (2007), encontraram diminuição da área foliar e da produção de sementes de girassol sob déficit hídrico.

2.5 Tensiometria

Informações sobre o teor de água do solo existente na zona radicular das plantas, bem como sobre a energia com que a água está retida no solo, têm sido uma das estratégias mais utilizadas para definição do momento de irrigar. Ao contrário de dados com base na planta, os indicadores com base no solo possibilitam determinar, além do momento, a quantidade de água a ser aplicada por irrigação. Essas medidas podem ser conseguidas, facilmente, utilizando o tensiômetro (MAROUELLI et al., 2011; AZEVEDO; SILVA, 1999).

A tensão de água na matriz do solo é um importante indicador de disponibilidade de água para as plantas, pois caracteriza o estado da energia da água que interage com a matriz do solo, representando uma medida da quantidade de energia requerida pelas plantas para extrair água. Quanto mais fortemente a água estiver retida no solo, maior será a quantidade de energia que a planta terá que gastar para absorver a água necessária a atender às suas necessidades metabólicas, com destaque para a transpiração (MAROUELLI et al., 2011).

O tensiômetro, instrumento inventado por Burton e Livingston em torno de 1908 (OR, 2001), é um dos métodos mais difundidos para a determinação da disponibilidade de água no solo, que auxilia a agricultura irrigada. Este equipamento mede diretamente o potencial matricial de água no solo e indiretamente a disponibilidade de água às plantas, possibilitando assim, determinar o momento da irrigação. Este instrumento consiste de uma cápsula porosa de cerâmica conectada a um tubo, preenchido com água onde a tensão com a qual a água está retida pela matriz do solo é lida através de um tensímetro (BERNARDO et al., 2009).

O princípio de funcionamento do tensiômetro está baseado no equilíbrio entre a água no interior do tubo do tensiômetro e a solução do solo. À medida que há uma redução da umidade do solo, a água do interior do tensiômetro atravessa a cápsula porosa, até que ocorra o equilíbrio entre as partes internas

e externas a cápsula. Isto se dá devido à redução do potencial de água no solo em comparação com o potencial da cápsula. Em virtude do instrumento ser hermeticamente fechado, passa a ocorrer uma pressão negativa no interior do tensiômetro, a qual é tanto maior quanto mais seco estiver o solo (COELHO, 2004).

Além da determinação direta da tensão de água no solo, a utilização do tensiômetro para medida indireta da umidade é realizada a partir da determinação da curva de retenção de água no solo. A curva de retenção é um modelo matemático que relaciona o teor ou o conteúdo de água no solo com a força (tensão) com que ela está retida pelo mesmo. A avaliação da curva de retenção permite uma estimativa da disponibilidade de água no solo para as plantas, na profundidade de solo considerada (QUEIROZ, 2007).

Embora o uso de tensiômetros para o manejo da irrigação possa aparentar custos para o produtor, na verdade representa economia, pois supri a demanda da cultura naquele momento evitando desperdícios com a aplicação de uma quantidade maior de água que a necessária.

2.6 Requerimentos nutricionais para a cultura do girassol

A absorção de nutrientes via solo depende de diversos fatores, tais como, a capacidade de exploração do sistema radicular da planta, as propriedades do solo e manejo, condições climáticas e a disponibilidade de água, todos estes constituem os aspectos essenciais para obter uma planta bem nutrida.

Dezessete elementos são considerados essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O); nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn). Cada um destes nutrientes tem uma função específica no metabolismo das plantas. Desequilíbrios em suas proporções podem causar deficiência ou excesso de nutrientes, causando limitações ao crescimento das plantas ou mesmo a morte (DECHEN & NACHTIGALL, 2007).

O girassol é uma planta que se desenvolve razoavelmente bem em solos de média fertilidade; no entanto, altas produções só são obtidas sob solos férteis ou com boa fertilização suplementar (UNGARO, 2000).

Segundo Castro & Oliveira (2005), um dos fatores que tem despertado o interesse dos produtores pela cultura do girassol é por ela apresentar elevada capacidade de ciclagem de nutrientes em maiores profundidades pela maior exploração do sistema radicular, o que contribui no melhor aproveitamento da fertilidade natural dos solos e das adubações dos cultivos anteriores, além disso, essa cultura apresenta uma reduzida taxa de exportação de nutrientes.

A exigência nutricional da cultura do girassol varia em função da fase fenológica em que se encontra. Na fase vegetativa, até 30 dias após a emergência (DAE) o girassol necessita de pouca quantidade de nutrientes (CASTRO & OLIVEIRA, 2005). Esses autores verificaram que a maior absorção de nutrientes e água e, consequentemente, maior desenvolvimento, ocorrem a partir dos 30 (DAE) no estádio vegetativo até o florescimento pleno. Segundo Evangelista e Lima (2008), na cultura do girassol o período em que ocorre maior taxa de absorção de nutrientes e crescimento mais acelerado está entre a formação do botão floral e a completa expansão da inflorescência. Os autores registram, entretanto, a necessidade de disponibilidade de nutrientes desde o início do crescimento das plantas, para o estabelecimento normal da cultura.

Dos 28 aos 56 dias DAE, existe um rápido aumento na exigência nutricional. Nas fases de florescimento e início do enchimento de aquênios (R5, R6 e R7) entre os 56 e 84 dias ocorre uma diminuição gradativa na velocidade de absorção de nutrientes quando se alcança o nível máximo de acúmulo em quantidades variáveis para cada nutriente (CASTRO & OLIVEIRA, 2005). Observa-se que o girassol acumula um total de 41 kg de N; 17,1 kg de P_2O_5 e 171 kg de K_2O para produzir uma tonelada de grãos.

O período que se estende até o final do enchimento de aquênios, é caracterizado por translocação intensa, principalmente de nitrogênio e fósforo dos órgãos vegetativos para os reprodutivos, demonstrando uma alta exportação, a qual é de aproximadamente 56 a 70 % do total acumulado. Para o potássio apenas uma quantidade pequena é acumulada nos aquênios e exportada 7 % do total absorvido pela planta, mas precisa concentrações elevadas no caule e no capítulo para obter um bom desenvolvimento. Outros nutrientes como cálcio e boro também apresentam taxas de exportação reduzidas (CASTRO & OLIVEIRA, 2005).

Considerando que os nutrientes minerais têm funções específicas e essenciais no metabolismo das plantas, para garantir uma produtividade adequada, o manejo da adubação deve visar a manutenção de teores médios a elevados de fósforo e potássio no solo (MALAVOLTA et al., 1997).

Como o nitrogênio é extraído pela cultura em grandes quantidades e não apresenta efeito residual direto no solo, a produtividade esperada é um componente importante para a definição de suas doses (CANTARELLA, 2003).

Avaliando o efeito de N, P e K na cultura do girassol, Sachs et al. (2006), observaram que a produtividade responde positivamente ao incremento da adubação com esses nutrientes e o teor de óleo no aquênio aumenta com o incremento da adubação com P e K, sendo que as doses desses elementos proporcionam as melhores respostas, de acordo com o parâmetro avaliado, ou seja, produção de aquênios, teor de óleo e produção de óleo mostrando, com isto, que a recomendação de adubação deve variar de acordo com a finalidade da produção.

O N é o constituinte de aminoácidos e nucleotídeos, e o principal nutriente para a obtenção de produtividades elevadas em culturas anuais. Nas oleaginosas, o nitrogênio determina o equilíbrio nos teores de proteínas acumuladas e produção de óleo, já que influencia o metabolismo de síntese de compostos de reserva nas sementes. Quando adubado com N em grandes quantidades, eleva os teores do nutriente nos tecidos e reduz a síntese de óleos, favorecendo a rota metabólica de acúmulo de proteínas nos aquênios (CASTRO et al., 1999).

Para a cultura do girassol, o nitrogênio é o segundo nutriente mais requerido, o qual absorve 41 kg de N por 1000 kg de grãos produzidos, podendo ser tanto a partir da adubação quanto através de restos culturais, exportando 56 % do total absorvido (CASTRO & OLIVEIRA, 2005). Entretanto, Blamey et al. (1997) argumenta que o nitrogênio é o maior limitante nutricional na produtividade do girassol, proporcionando redução de até 60 % de seu potencial de produção em decorrência da sua deficiência.

O excesso de nitrogênio provoca crescimento excessivo do girassol, tornando as folhas mais sensíveis, favorecendo assim a incidência de doenças e pragas no cultivo, além de problemas com acamamento (VRÂNCEANU, 1977).

O fósforo (P) é um nutriente essencial para desenvolvimento dos vegetais, encontrado em baixas concentrações na solução do solo. No girassol a absorção do fósforo ocorre até o enchimento de aquênios, isto quando não há limitação da disponibilidade do nutriente. A contribuição do fósforo remobilizado das folhas e caule para os aquênios em maturação varia de, aproximadamente, 30% a 60 % (HOOCKING & STEER, 1983). A carência em P nas plantas, principalmente no início do ciclo vegetativo, resulta em menor crescimento, em atraso no florescimento, em menor enchimento dos aquênios e no menor teor de óleo (GRANT et al., 2001; NOVAIS, 2006; ALVES et al., 2010).

Em condições de déficit hídrico, a absorção do nutriente e o seu suprimento podem ser afetados severamente, provocando a remobilização e translocação do P das partes velhas para as partes jovens da planta. O fósforo é um nutriente móvel no floema, e se redistribui rapidamente, em especial aos tecidos novos em desenvolvimento, vegetativo ou reprodutivo, que trabalham como drenos preferenciais da planta (MALAVOLTA, 1980).

Em relação aos micronutrientes, o boro é o mais limitante ao cultivo do girassol, causando desde sintomas leves, até a perda total da produção pela queda dos capítulos. Sua carência ocasiona a elongação das raízes, devido aos problemas na divisão celular e elongação das células, tornando-as grossas e com pontas necróticas. Sendo que os sintomas ocorrem, principalmente, nas fases de florescimento e de enchimento de aquênios e caracterizam-se pelo crescimento reduzido das folhas jovens (CASTRO e FARIAS, 2005).

2.7 Adubação potássica e respostas na cultura do girassol

O potássio é um macronutriente essencial às plantas superiores, e o terceiro elemento que mais frequentemente limita o crescimento vegetal, sendo o elemento mais abundante na maioria das plantas (MARENCO & LOPES, 2005).

Está presente nas plantas na forma de K^+ e é altamente móvel. O potássio não apresenta função estrutural, mas desempenha várias outras funções na vida do vegetal, influenciando a expansão celular e transporte de íons, participa na translocação de carboidratos, aumenta a resistência a salinidade, geada, seca, doenças e ao acamamento, além de ser fundamental no movimento estomático

(EPSTEIN, 1965; MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995; TAIZ & ZEIGER, 1998).

Plantas bem supridas de potássio apresentam maior eficiência do uso da água, enquanto que plantas deficientes em potássio possuem menor desempenho fotossintético, devido à abertura estomática não acontecer de forma regular, reduzindo a entrada de CO_2 (PRADO, 2008).

O potássio participa na translocação dos compostos elaborados, participa da elongação celular reforçando a parede celular, também é requerido por numerosas enzimas do metabolismo vegetal. Algumas dessas enzimas participam das reações de fotossíntese, da respiração, da síntese de amidos, proteínas e lignina (MALAVOLTA et al. 1989; BARRETO & BEZERRA NETO, 2000; COSTA et al., 2001; MARENCO & LOPES, 2005).

A participação do potássio no processo fotossintético faz com que esse íon atue decisivamente na taxa de crescimento normal das plantas. Essa ação está também ligada ao fato do potássio agir na regulação do potencial osmótico das células. O acúmulo de potássio decresce o potencial osmótico, estando assim relacionado com a turgescência, já que baixos potenciais osmóticos determinam maior “retenção” de água nos tecidos, razão pela qual as plantas bem supridas de K^+ exigem menos água (MALAVOLTA & CROCOMO, 1982).

No solo o potássio é usualmente distinguido nas formas: potássio na solução do solo e potássio trocável, que representa aquele retido nas cargas elétricas negativas dos colóides. A disponibilidade de potássio no solo e a sua absorção pelas plantas parecem estar relacionadas com a disponibilidade dos cátions Ca^{2+} e Mg^{2+}, dominantes do complexo de troca. Ainda assim, a absorção do potássio pelas plantas é favorecida em comparação com outras espécies catiônicas sendo, dentre os cátions macronutrientes, o que se apresenta, em geral em menor e maior concentração no solo e na planta, respectivamente (OLIVEIRA et al., 2001).

O potássio trocável é a forma de maior velocidade de liberação, pois envolve uma simples reação de troca da superfície dos colóides (NACHTIGALL; VAHL, 1991b). O potássio nas entre camadas das argilas 2:1 é liberado com maior dificuldade, pois depende de várias reações de troca, da expansão de argilas e da difusão do elemento de posições entre as camadas estruturais de

argila até a superfície externa (REICHENBACH, 1972). O potássio também pode ser liberado das camadas dos minerais 2:1 pela dissolução, particularmente promovida pela acidificação da rizosfera, devido à excreção de H^+ pelas raízes das plantas (SINGH; GOULDING, 1997).

A fase sólida do solo atua como um reservatório para o potássio e outros nutrientes minerais. A fase líquida do solo trata-se do meio onde ocorre o movimento do cátion, K^+, até a superfície das raízes. Dessa forma, o conteúdo de água no solo afeta o contato do potássio com a raiz, assim como sua absorção. Geralmente a absorção de potássio ocorre por difusão, entretanto, em baixas concentrações extracelulares, a absorção de potássio ocorre com gasto de ATP (TAIZ; ZEIGER, 2013). Assim, o teor de umidade do solo é determinante na taxa de absorção de potássio pelo vegetal (KANT; KAFKAFI, 2002; PRADO, 2008).

A deficiência de potássio é a terceira mais frequente nos diferentes ecossistemas. Primeiramente morrem as células dos ápices e das margens das folhas e, em seguida, a necrose estende-se ao longo das margens para a base da folha (MARENCO & LOPES, 2005).

Na ausência de potássio, o crescimento é muito reduzido, especialmente em plantas que têm poucas reservas na semente e/ou plântulas (BARRETO & BEZERRA NETO, 2000). Similar ao nitrogênio e fósforo, o potássio é facilmente redistribuído para órgãos novos. Sendo bastante móvel na planta e encontrando-se em grande parte da planta na forma solúvel, em condições de baixo suprimento de potássio pelo meio, o elemento é redistribuído das folhas mais velhas para as mais novas e para regiões em crescimento. Assim, os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas mais velhas (MALAVOLTA, 1980).

Em solos deficientes de potássio, ocorre o acamamento das plantas. Na deficiência do potássio, ocorre clorose das folhas mais velhas, seguida de necrose nas margens das folhas. Quando a necrose atinge a nervura da folha, esta curva-se para baixo, seguida de sua queda prematura. A floração atrasa e ocorre diminuição no tamanho dos frutos, com redução significativa da área verde foliar, afetando a fotossíntese (MANICA, 1999; SOUZA, 1999a).

O potássio é o elemento exigido em maior quantidade pela cultura do girassol (Santos, 2009). Para uma boa produção, a disponibilidade de potássio

deve ser média a alta devido à elevada demanda para cada tonelada de grão produzido, próximo de 171 kg ha^{-1} de K na parte aérea. A quantidade exportada através dos aquênios na colheita é baixa, em torno de 12 kg ha^{-1} de K por tonelada produzida. Zabiole et al. (2010) constataram que o K é o nutriente absorvido em maiores quantidades, porém a redistribuição para os aquênios é baixa, indicando que grande parte do K acumulado pode retornar ao solo com a decomposição dos restos culturais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento e informações climáticas

O experimento foi realizado no período de abril a agosto de 2015, em casa de vegetação, no Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas – ICAT da Universidade Federal de Mato grosso, Campus de Rondonópolis - MT. A casa de vegetação onde foi conduzido o experimento possui uma estrutura metálica, coberta com filme de polietileno e com sistema de resfriamento adiabático e está disposta no sentido Norte Sul, com área total de 450 m^2 localizada geograficamente na latitude 16º27’49’’ Sul, longitude 54º34’47’’ Oeste e altitude de 284 m.

O tipo climático regional dominante é Tropical Chuvoso e segundo Köppen, é classificado como Aw, caracterizado por ser um clima quente e úmido, com duas estações definidas: uma chuvosa no verão, e outra seca coincidente com o inverno, variando de três a cinco meses e iniciando geralmente em setembro.

Para o monitoramento de alguns elementos meteorológicos durante a condução do experimento foi instalado no interior da casa de vegetação um termohigrômetro, onde eram realizadas leituras diárias de temperatura e umidade relativa do ar. Com isso verificou-se que a média da temperatura e umidade relativa do ar, durante a condução do experimento foram de 28,52 °C e 67,44%, respectivamente, a qual favoreceu o crescimento e desenvolvimento das plantas, uma vez que a temperatura ideal está entre 27 e 28°C (Figura 2).

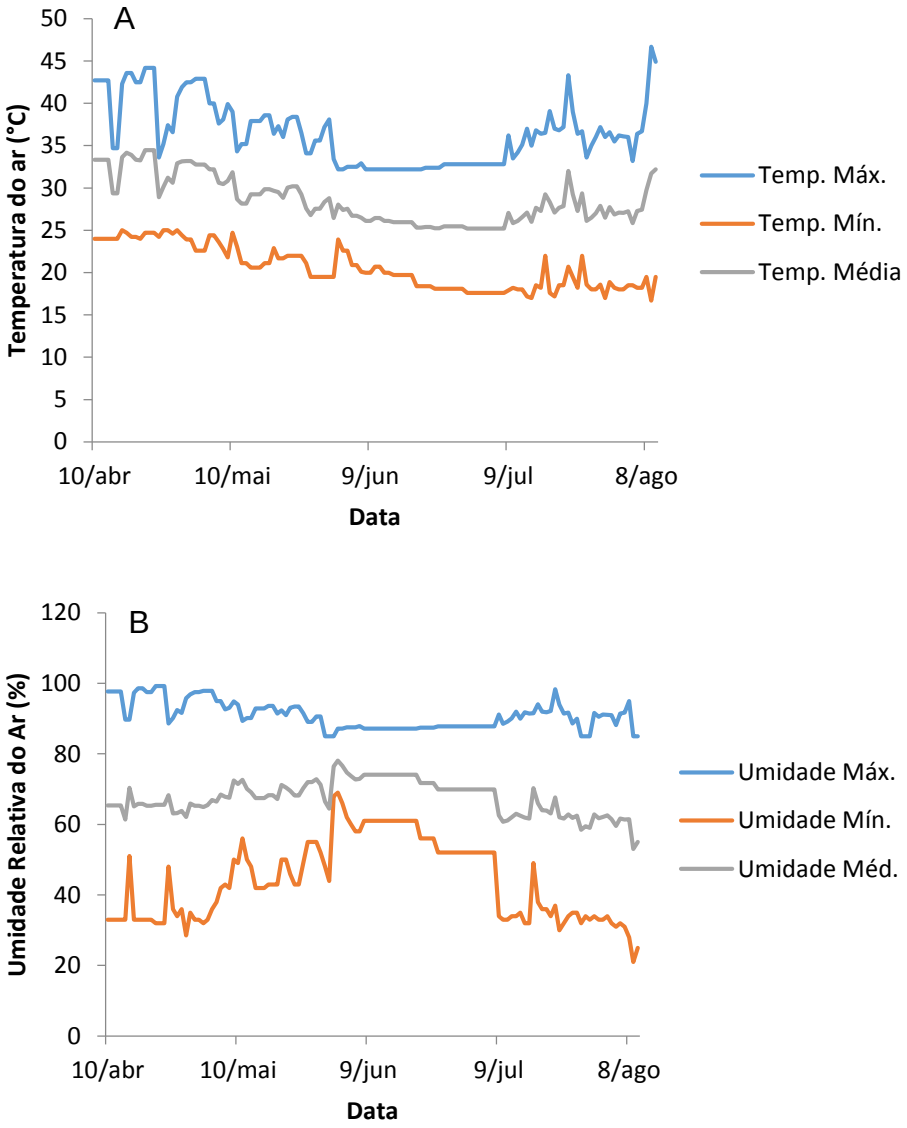


FIGURA 2. Temperatura máxima, mínima e média (A) e umidade relativa máxima, mínima e média (B), observada durante a condução do experimento.

3.2 Coleta, análise e correção do solo

O solo utilizado no experimento foi coletado em área sob vegetação de Cerrado na camada de 0 - 0,20 m de profundidade de um Latossolo Vermelho distrófico de textura franco-arenosa (EMBRAPA, 2013), passado em peneira de 4 mm de abertura para preenchimento dos vasos (Figura 3). Uma amostra de solo foi peneirada em malha de 2 mm de abertura para a realização da caracterização química e granulométrica de acordo com a Embrapa (1997), (Tabela 1).

FIGURA 3. Coleta de solo em área de Cerrado.

Tabela 1. Caracterização química e granulométrica na camada de 0–0,20 m, do Latossolo Vermelho.

pH	P	K	Ca	Mg	H	Al	SB	CTC	V	M.O.	Areia	Silte	Argila
$CaCl_2$	mg dm^{-3}		----------		cmolc dm^{-3}		----------		%	g dm^{-3}	---------	g kg^{-1}	----------
4,1	2,4	28	0,3	0,2	4,2	1,1	0,6	5,9	9,8	22,7	549	84	367

As unidades experimentais foram representadas por vasos plásticos com capacidade de 20 dm^3. A acidez do solo foi corrigida com a incorporação de calcário dolomítico (PRNT = 80,3%), com o objetivo de elevar a saturação por

bases ao nível de 60%. Após a calagem, o solo foi umedecido e mantido a 60% da capacidade de retenção de água, permanecendo incubado por um período de 30 dias.

3.3 Delineamento experimental

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados, com 20 tratamentos e quatro repetições, arranjados em esquema fatorial 5 x 4, com cinco doses de K_2O (0, 40, 80, 160 e 240 mg dm^{-3}) e quatro níveis de reposição de água no solo (75, 100, 125 e 150% da capacidade de campo), totalizando 80 parcelas experimentais. As unidades experimentais foram organizadas em quatro blocos, com 20 unidades de tratamentos em cada bloco (Figura 4).

Utilizou-se como espécie vegetal, o girassol (*Helianthus annuus* L.), cultivar SYN 042, de ciclo curto, equivalente a 90 - 100 dias de cultivo.

FIGURA 4. Vista geral do experimento em casa de vegetação, arranjado em blocos casualizados.

3.4 Manejo de adubação e semeadura

Após 30 dias de incubação do calcário, realizou-se a adubação de plantio simultaneamente com a semeadura do girassol. Todos os tratamentos foram adubados igualmente com nitrogênio (N) na forma de uréia, fósforo (P_2O_5) na forma de superfosfato simples e micronutrientes, tendo como fonte o formulado FTE-BR 12 (Enxofre: 3,9%, Boro: 1,8%, Manganês: 2,0% e Zinco: 9,0%).

A recomendação de fósforo foi de 150 mg dm^{-3} de P_2O_5, no qual foi aplicado na forma sólida e granular na camada correspondente ao terço (1/3) superior do vaso, para aumentar a eficiência de absorção desse nutriente pelas raízes. A adubação nitrogenada foi realizada em duas parcelas, sendo que na semeadura aplicou-se 20 mg dm^{-3} e em cobertura 80 mg dm^{-3} 30 dias após a semeadura (DAS), com ambas as aplicações realizadas na forma de solução. Na adubação em cobertura consistiu em aplicar também 40 mg dm^{-3} do formulado FTE-BR 12.

A fonte de potássio utilizada foi cloreto de potássio (KCl), sendo que as doses correspondentes aos tratamentos (0, 40, 80, 160 e 240 mg dm^{-3} de K_2O) foram incorporadas ao solo por ocasião da semeadura.

A semeadura ocorreu utilizando-se 10 sementes de girassol por vaso, a uma profundidade de 3 cm. Aos quatro dias após a semeadura, ocorreu a emergência das plântulas (Figura 5). Realizou-se dois desbastes, aos 2 e aos 10 dias após a emergência, deixando-se cinco e duas plantas por vaso, respectivamente.

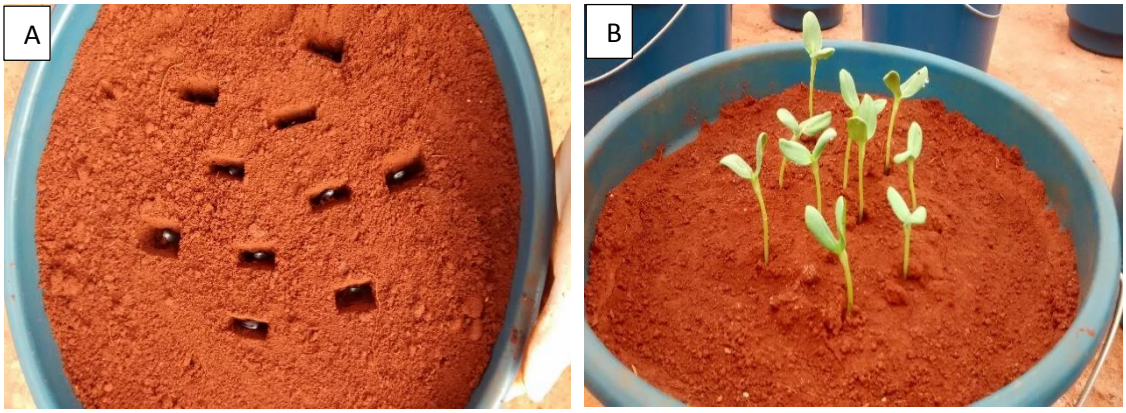


FIGURA 5. Semeadura (A) e germinação de plântulas de girassol (B).

3.5 Manejo de irrigação

O manejo de irrigação utilizado foi baseado na tensiometria, desta forma visando correlacionar a umidade do solo, estimado pelo consumo hídrico da cultura ao longo do ciclo com o potencial matricial do solo foi necessária a utilização da curva característica de retenção de água do solo determinada na camada de 0,0 - 0,20 m (Figura 6).

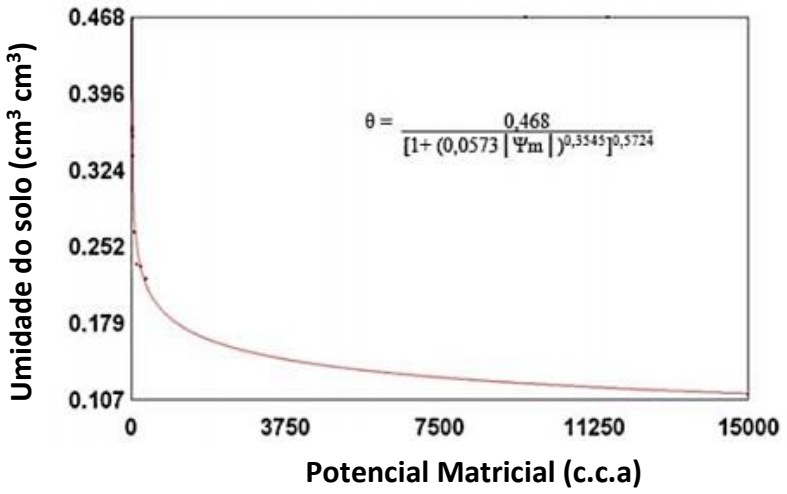


FIGURA 6. Curva característica de retenção de água no solo. Fonte: Soil Water Retention Curve – SWRC (DOURATO NETO et al., 1990).

Utilizou-se o programa computacional Soil Water Retention Curve – SWRC (DOURADO NETO et al., 1990) para ajustar matematicamente os resultados ao modelo não linear proposto por Van Genuchten (1980), representado pela equação 1.

$$\theta v = \theta r + \frac{\theta s - \theta r}{[1 + (\alpha|\Psi m|)^n]^m} \qquad (1)$$

Em que:

θv - umidade base de volume, em $cm^3\ cm^{-3}$;

θr - umidade residual, em $cm^3\ cm^{-3}$;

θs - umidade de saturação, em $cm^3\ cm^{-3}$;

ψm - Potencial matricial, em cm c.a;

α, m, n - parâmetros do modelo.

Para a instalação dos tensiômetros, os mesmos foram deixados 24 horas com as cápsulas submersas em água destilada, para a retirada de ar da cápsula porosa. A profundidade de instalação dos tensiômetros, medida do nível do solo ao centro da cápsula foi de 20 cm, na zona efetiva do sistema radicular, próximo ao centro do vaso, com auxílio de um trado de rosca.

O manejo de irrigação foi realizado a partir da média da leitura das tensões observadas nos quatro tensiômetros, instalados nas unidades experimentais com 100% de reposição de água no solo e dose de referência de 80 mg dm^{-3} de potássio seguindo metodologia utilizada por Koetz (2006), sendo um tensiômetro por bloco.

O monitoramento da tensão de água no solo foi realizado utilizando-se um tensímetro digital com a sensibilidade de 0,1 kPa e as leituras eram realizadas diariamente às 9 e 16 horas. O momento de irrigar foi definido quando a tensão média obtida nos quatro tensiômetros atingia o valor próximo de 10 Kpa.

As irrigações foram realizadas manualmente por meio de proveta graduada e calculadas de modo a elevar os valores de tensão aos da capacidade de campo (6 kPa) para todos os tratamentos, quando a tensão estabelecida foi atingida (Figura 7). Segundo Bernardo et al.(2009) é comum encontrar a capacidade de campo com valores de até 5 kPa em solos típicos de Cerrado.

FIGURA 7. Manejo de irrigação de plantas de girassol.

Com as tensões observadas, foram calculadas as umidades correspondentes, a partir da curva de retenção de água no solo. De posse dessas umidades e com a correspondente à capacidade de campo, foi calculado o volume de reposição de água no solo por meio da equação:

$$V = (\theta cc - \theta atual) * 20.000 \qquad (2)$$

Em que:

V - volume de água, em cm^3;

θcc - umidade na capacidade de campo, em $cm^3\ cm^{-3}$;

θatual - umidade na curva de retenção de acordo com a tensão observada, em $cm^3\ cm^{-3}$;

20.000 - volume de solo no vaso, em cm^3;

As lâminas aplicadas em cada unidade experimental foram definidas de acordo com os percentuais relativos a cada tratamento. Até os 20 dias após a emergência (DAE), todos os tratamentos foram irrigados com a mesma lâmina quando a tensão média obtida nos tensiômetros atingia valores próximos de 10 kPa, de forma a garantir o estabelecimento das plantas. Após este período, iniciou-se a aplicação dos níveis de reposição de água no solo.

3.6 Volume de água aplicado

Durante a condução do experimento foram realizadas 39 irrigações, sendo que a média de irrigações durante todo o período da reposição de água no solo foi de 2,30 dias (Tabela 2), para uma tensão média de 16,3 kPa.

Tabela 2. Níveis de reposição e volume de água.

Níveis de reposição (% da cc)	Volume de água (L)
75	14,95
100	19,93
125	24,73
150	32,14

3.7 Variáveis analisadas

As avaliações de crescimento e desenvolvimento das plantas de girassol ocorreram aos 15, 30, 45, 60 dias após a emergência (DAE), sendo o corte realizado aos 90 DAE no qual foram avaliadas:

- Altura de plantas: a altura de plantas foi realizada medindo a distância entre o colo da planta (superfície do solo) e a extremidade superior da haste principal ou parte superior do capítulo, no florescimento, com auxílio de uma trena.
- Índice direto do teor de clorofila: obtido a partir da média de cinco leituras realizadas em folhas aleatórias no terço médio das plantas, com auxílio do medidor portátil de clorofila clorofilômetro Minolta SPAD- 502.
- Diâmetro do caule: foi obtido a partir de uma média de leitura das duas plantas contidas no vaso, a uma altura de 5 cm da superfície do solo, com auxílio de um paquímetro digital.

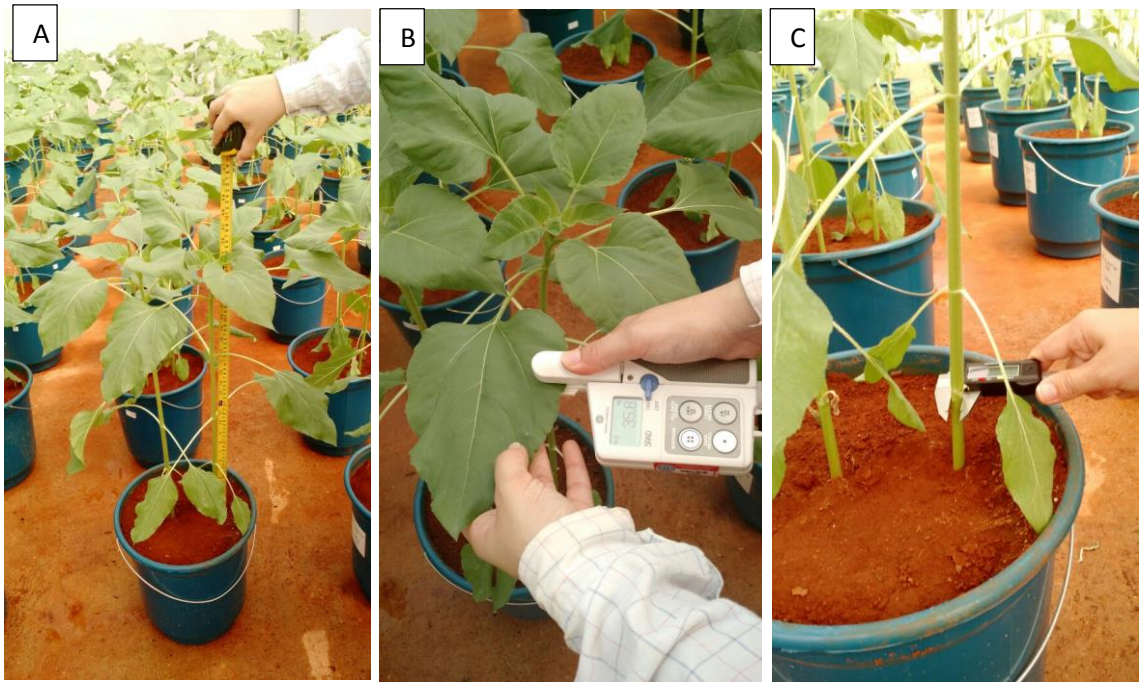


FIGURA 8. Altura de planta (A), leitura SPAD (B) e diâmetro do caule (C) de plantas de girassol.

- Número de folhas: foi realizada a contagem das folhas presentes em cada parcela experimental, no qual foram consideradas as que apresentavam comprimento mínimo de 4 cm, sendo seus valores expressos em unidades.

- Área foliar: O cálculo da área foliar seguiu a metodologia proposta por Maldaner et al. (2009) cuja fórmula é $AF = 0{,}1328 \times C^{2{,}5569}$, em que: C = comprimento da nervura central da folha, sendo que o somatório final das áreas por folha fornece o valor da área foliar total da planta.
- Diâmetro do capítulo interno e externo: foram medidos com auxílio de fita métrica.
- Florescimento: número de dias transcorridos entre a emergência e 50% das flores emitidas.

FIGURA 9. Florescimento de plantas de girassol.

- Massa seca da parte aérea (caule + folhas + capítulo): as plantas foram cortadas rente ao solo separadas em folhas, caule e capítulo e acondicionadas em sacos de papel, identificadas e transferidas para estufa a 65 °C por 72 horas, e em seguida pesadas.
- Massa seca da raiz: as raízes foram coletadas e lavadas sobre peneira de 4 mm de abertura e acondicionadas em sacos de papel, identificadas e

submetidas à secagem em estufa de circulação de ar, a 65 °C por 72 horas, e em seguida, foi pesado.

- Massa de grãos: procedeu-se a colheita manual dos capítulos, posteriormente, efetuou-se a secagem dos capítulos colhidos, em ambiente protegido (local da condução do experimento) e a separação dos grãos foi realizada manualmente, os mesmos foram corrigidos a 13% de umidade. Após a separação dos grãos os mesmos foram pesados, obtendo-se a massa.

FIGURA 10. Debulha manual de aquênios de plantas de girassol.

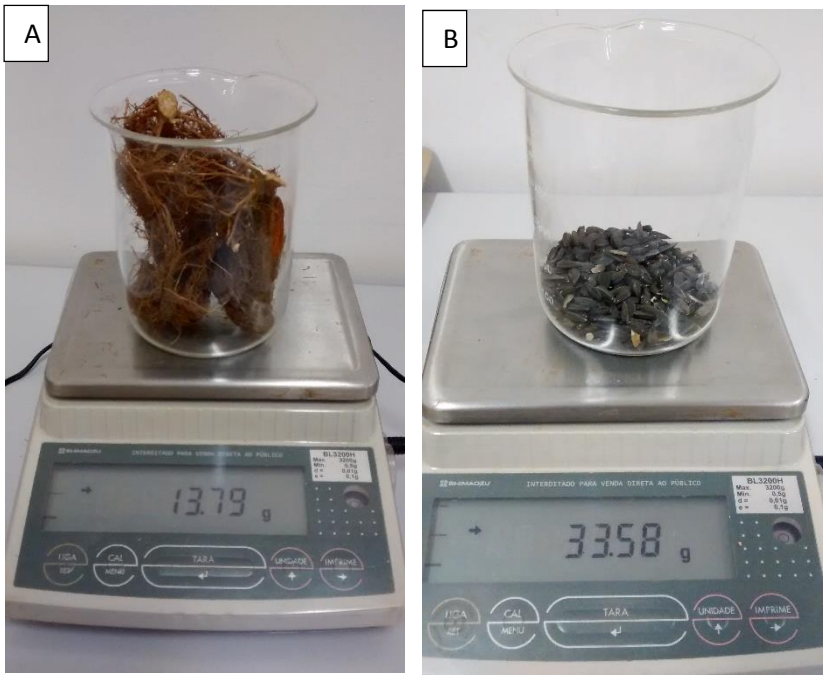


FIGURA 11. Massa seca da raiz (A); Massa seca de grãos (B) de plantas de girassol.

- Aquênios: por ocasião da colheita das plantas foram mensurados o número de aquênios viáveis por tratamento.

FIGURA 12. Aquênios viáveis (A) e inviáveis (B) de plantas de girassol.

- Eficiência do uso da água (EUA): foi avaliada a eficiência do uso da água em função da produtividade (Equação 3).

$$EUA = \frac{Y}{CA} \qquad (3)$$

em que:

EUA - eficiência do uso da água (g L^{-1})

Y - produtividade, g $planta^{-1}$

CA - consumo de água (L $planta^{-1}$)

3.8 Análise estatística

Os resultados foram submetidos às analises estatísticas utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008) com análise de variância e teste de regressão a nível de significância até 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Altura de planta

Para a altura de planta, aos 15 e 30 DAE, houve efeito isolado somente para as doses de potássio, e aos 45 e 60 DAE observou significância tanto para os níveis de irrigação quanto para as doses do nutriente. A altura de plantas, aos 15 e 45 DAE, variou significativamente com as doses de potássio com um ajuste ao modelo quadrático de regressão (Figuras 13A e 13B). A altura máxima de plantas 26,06 e 107,27 cm foram observadas nas doses 150 e 183,40 mg dm^{-3}, respectivamente. Com relação à altura de planta em função à adubação potássica aos 30 e 60 DAE, houve um ajuste ao modelo de regressão de primeiro grau (Figuras 13B e 13D), cuja dose de 240 mg dm^{-3} propiciou uma altura de 67,86 e 141,57 cm, respectivamente, para as plantas.

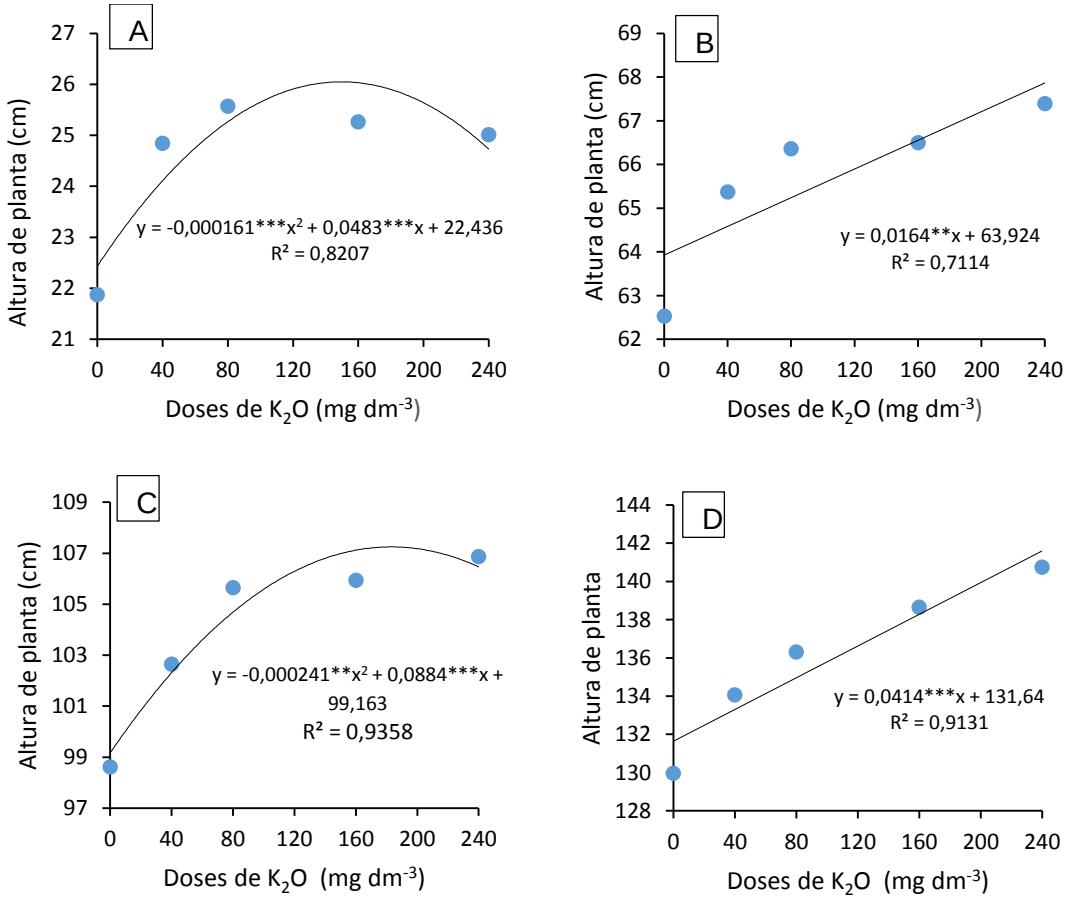


FIGURA 13. Altura de plantas (cm) aos 15 (A), 30 (B), 45 (C) e 60 dias após a emergência (D) em função das doses de K_2O em Latossolo Vermelho. ***, ** Significativo a 0,1 e 1%.

O incremento na altura de plantas com o aumento das doses de potássio ocorre devido a esse nutriente ser responsável pela ativação enzimática no processo de transporte do nitrogênio e, consequentemente, crescimento e desenvolvimento celular, o que confere aumento de tecidos na planta (STROMBERGER et al.,1994). Entretanto, na ausência de adubação com potássio, houve carência desse nutriente, sendo que o solo utilizado não dispunha de teores adequados do nutriente, refletindo em uma baixa taxa de crescimento da planta.

Segundo Camargo (1970), plantas deficientes em K apresentam diminuição na fotossíntese e aumento da respiração, o que reduz o suprimento de carboidratos, e consequentemente redução no crescimento das mesmas.

PAIVA et al. (2012) em experimento sobre resposta do girassol submetido a doses de boro e potássio verificaram que a altura máxima do girassol foi obtida com a aplicação de 90 kg ha^{-1} de K. Comparando-se a altura das plantas onde se aplicou a dose de 90 kg ha^{-1} de K e as que não foram supridas com esse nutriente, o autor percebeu que o girassol apresentou reduções de 33% da altura máxima obtida, confirmando a importância do suprimento desses nutrientes para a cultura do girassol.

A altura de plantas de girassol aos 45 e 60 DAE responderam ao modelo linear de regressão em função dos níveis de irrigação. A altura máxima de plantas 110,6 e 151,52 cm foram observadas no maior nível de reposição de água no solo com um incremento de 29 e 46%, respectivamente, quando compara-se o maior nível de irrigação (150% da capacidade de campo) com o nível que proporcionou menor altura (75% CC) (Figura 14).

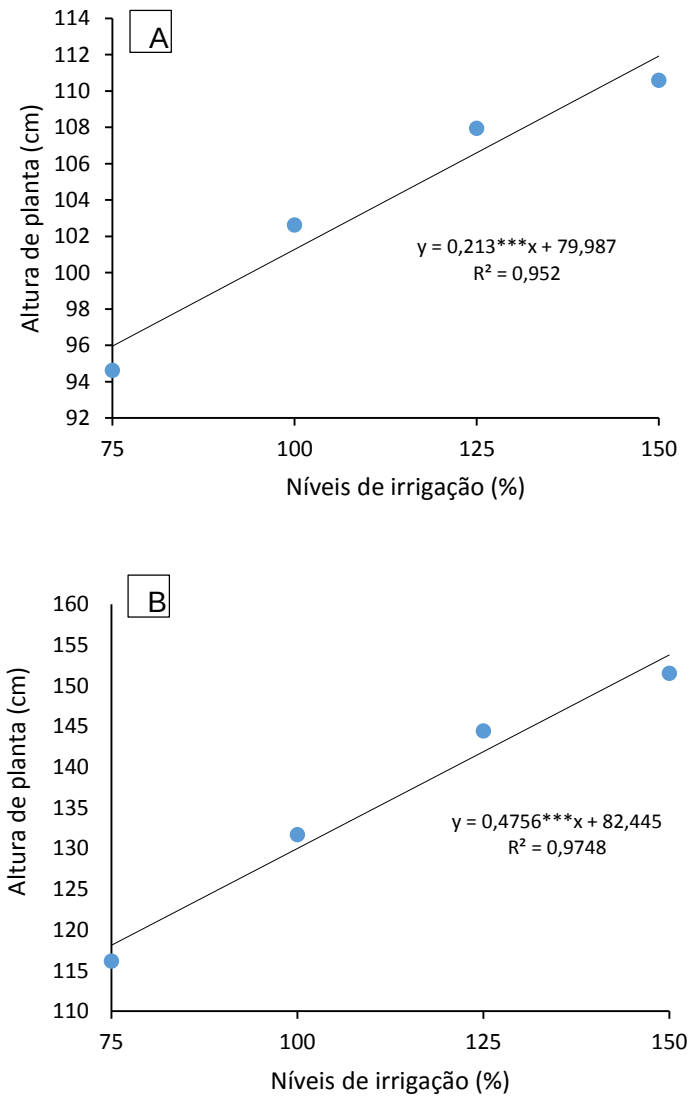


FIGURA 14. Altura de plantas aos 45 (A), 60 DAE (B) em função dos níveis de irrigação em Latossolo Vermelho. *** Significativo a 0,1%.

Em conformidade com os resultados deste experimento, Gomes et al. (2003), trabalhando com a cultivar de girassol M 742 no município de Limeira, SP, constataram que a altura das plantas de girassol aumentou, conforme se aumentou a lâmina aplicada. Do mesmo modo, Castiglioni et al. (1993), avaliando o comportamento de diferentes genótipos de girassol nas condições edafoclimáticas de Londrina, PR, observaram que a altura das plantas foi incrementada com a elevação do suprimento de água.

Assim como, Silva et al. (2007) que estudando o crescimento e produtividade do girassol cultivado com diferentes níveis de irrigação, notaram

que o aumento do suprimento de água incrementava o parâmetro altura de plantas, com valores médios de 151 cm na cultivar Hélio 251.

O decréscimo da altura das plantas pode estar relacionado ao nível de ácido abscísico (ABA) (considerado um hormônio que retarda o crescimento vegetal) que aumenta em plantas estressadas por falta de água (SHARP, 2002). Este ácido é considerado um sinalizador da raiz, promovendo a redução da taxa de transpiração da planta pelo fechamento estomático (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Provavelmente, a variação da disponibilidade de água no solo, levou a redução do potencial de água nas células do caule, fazendo com que ocorresse um menor alongamento celular e dos entrenós, culminando em menor crescimento das plantas (NEZAMI et al., 2008).

4.2 Número de folhas

O número de folhas de plantas de girassol foi influenciado pelas doses de potássio e níveis de irrigação, de forma isolada (Figura 15 e 16). Observa-se que esta variável, em função do potássio aos 30 e 60 DAE, ajustaram-se aos modelos quadrático e linear de regressão, com maior produção (14,37 e 19,19 folhas vaso^{-1}) nas doses de 0 e 240 mg dm^{-3}, respectivamente (Figura 15).

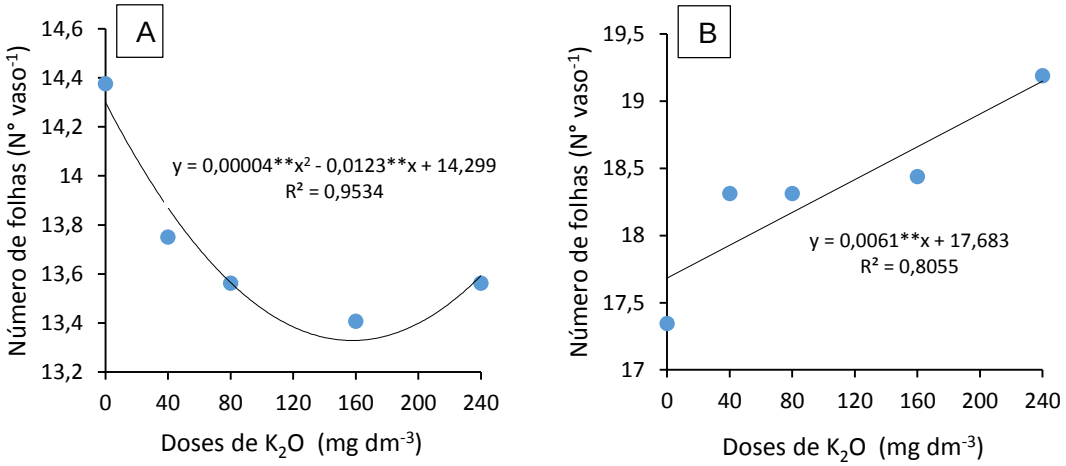


FIGURA 15. Número de folhas aos 30 (A), 60 DAE (B) em função das doses de K_2O em Latossolo Vermelho. ** Significativo a 1%.

O aumento do número de folhas com o incremento da adubação potássica aos 60 DAE, ocorre devido a esse nutriente participar direta ou indiretamente de inúmeros processos bioquímicos envolvidos com o metabolismo de carboidratos,

como a fotossíntese e a respiração, além da ativação enzimática (COELHO et al., 2007). Jesus et al. (2013) verificaram que houve uma elevação no número de folhas das mudas de girassol, com a aplicação do potássio, até a dose estimada de 173,86 mg L^{-1}.

Para o número de folhas aos 45 DAE, observou-se um aumento linear para as plantas de girassol com a elevação dos níveis de irrigação (Figura 16A). No maior nível de reposição de água no solo, o número de folhas foi de 20,05 e um incremento de 43% para o maior nível de irrigação (150% CC) quando compara-se com o menor nível de reposição de água no solo (75% CC). Já aos 60 DAE o número de folhas variou significativamente com as doses de potássio com um ajuste ao modelo quadrático de regressão (Figura 16B). O maior número de folhas (19,03) foi encontrado no nível de irrigação de 141,56% da CC.

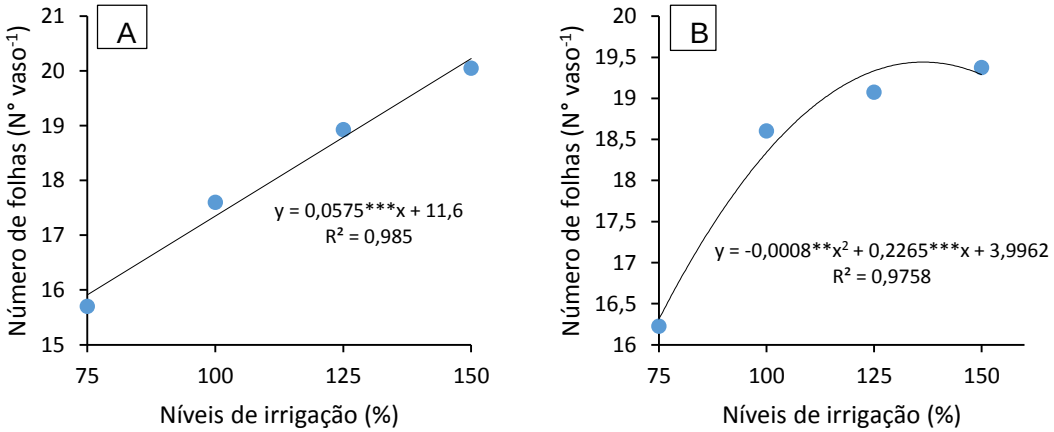


FIGURA 16. Número de folhas aos 45 e 60 DAE em função dos níveis de irrigação em Latossolo Vermelho. ***, ** Significativo a 0,1 e 1%.

Plantas que sofrem estresse causado pelo déficit hídrico faz com que suas folhas entrem em senescência e com tendência a queda. Sendo que esta reação é uma forma que melhora a aptidão da planta a sobreviver ao déficit. Algumas espécies que crescem no deserto utilizam este ajustamento foliar durante o período de seca, e com o início das chuvas elas voltam a criar novas folhas (LYNCH & BROWN, 2001).

O primeiro efeito da carência hídrica na planta é a perda de turgidez, devido à diminuição do conteúdo de água, onde a célula encolhe e as paredes irão relaxar. As atividades relacionadas à turgidez da planta são mais sensíveis

ao déficit hídrico, onde o crescimento celular da planta é um processo que depende da turgidez. O déficit hídrico na planta pode limitar a dimensão de folhas individuais e o número de folhas em uma determinada planta, pois diminui o número e o crescimento de ramos. Já o processo de crescimento dos caules também é afetado pelas mesmas forças que limitam o crescimento foliar (TAIZ & ZEIGER, 1998).

Silva et al. (2012) avaliando o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do girassol cultivado sob déficit hídrico, também verificaram maior número de folhas no tratamento em que a cultura não sofreu nenhum déficit hídrico ao longo do seu desenvolvimento.

Tais resultados ainda corroboram com as informações de Nezami et al. (2008), que mensuraram o número de folhas do girassol, após o período de crescimento vegetativo e constataram decréscimo do número de folhas onde a disponibilidade de água no solo foi menor. Segundo Nazarli et al. (2010) as folhas são fontes primárias de produção de substâncias fotossintéticas necessárias ao enchimento dos aquênios, sendo assim, situações de menor conteúdo de água no solo irão resultar em diminuição do desempenho produtivo desta espécie.

Dutra et al. (2012), estudando o desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água, constataram que as plantas submetidas a maiores teores de água produziram um maior número de folhas.

4.3 Diâmetro do caule

Os níveis de irrigação proporcionaram efeito significativo isolado para o diâmetro do caule de girassol nas avaliações realizadas aos 45 e 60 DAE, ajustando-se ao modelo linear de regressão. O diâmetro do caule para o maior nível de reposição de água no solo nas avaliações realizadas aos 45 e 60 DAE foram de 10,55 e 11,28 mm, respectivamente, com um incremento de 20% para ambos quando comparada o maior nível de água (150% CC) com o nível que proporcionou o menor diâmetro (75% CC) (Figura 17).

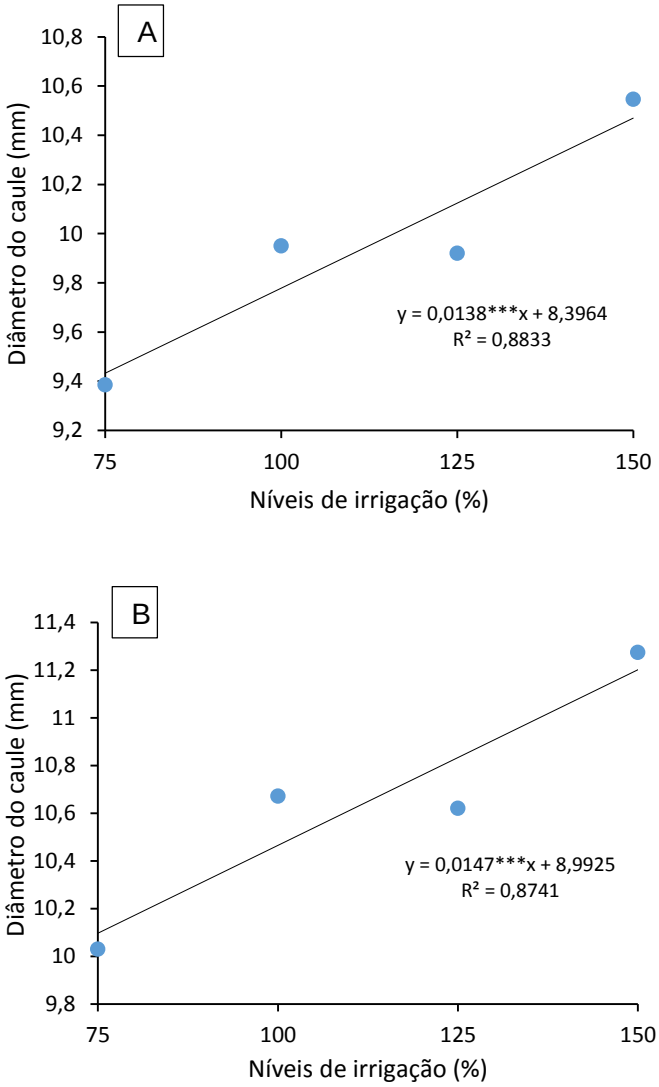


FIGURA 17. Diâmetro de caule aos 45 (A) e 60 DAE (B) em função dos níveis de irrigação em Latossolo Vermelho. *** Significativo a 0,1%.

As plantas cultivadas com maior disponibilidade hídrica, apresentaram maior diâmetro de caule, assim como no trabalho de Campos et al. (2010) onde o diâmetro caulinar aumentam com a reposição de água.

O aumento no diâmetro do caule pode estar relacionado com a produção de etileno, pois quando há excesso de água este hormônio é produzido em maior quantidade, o que leva ao menor crescimento da raiz principal, e consequentemente o aumento de raízes laterais e axilares, bem como o aumento do diâmetro de caule. O diâmetro do caule é uma característica importante no girassol, pois diminui o acamamento da cultura e facilita seu manejo, tratos culturais e colheita (BISCARO et al., 2008).

Silva et al. (2007) analisando o crescimento e a produção do girassol com diferentes níveis de irrigação, registraram resposta positiva do benefício hídrico tanto para o comprimento do caule quanto para o diâmetro caulinar de dois genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.), corroborando com Castiglioni et al. (1993).

Bilibio et al. (2010), estudando o comportamento do girassol a variação dos níveis de irrigação, observaram que a redução do armazenamento de água no solo levou a um menor desenvolvimento do diâmetro do caule.

4.4 Índice de clorofila

Para o índice de clorofila, observou-se efeito significativo apenas para as doses de potássio aplicadas ao solo. A adubação potássica influenciou o teor de clorofila das folhas de girassol ajustando-se ao modelo quadrático de regressão na avaliação realizada aos 60 DAE (Figura 18), demonstrando que a dose de potássio de 155,83 mg dm^{-3} foi responsável pelo maior índice de clorofila (42,10).

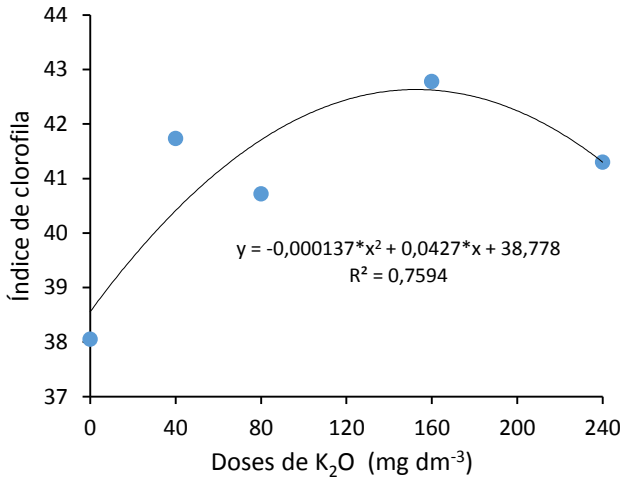


FIGURA 18. Índice de clorofila aos 60 DAE em função das doses de K_2O em Latossolo Vermelho. * Significativo a 5%.

Esta elevação no teor de clorofila pode ser explicada, já que os cloroplastos contêm cerca de metade do K foliar, nutriente que promove maior difusividade do CO_2 nas células do mesófilo, contribuindo assim para maior atividade fotossintética (PRADO, 2008).

A deficiência de potássio ocasiona o funcionamento irregular dos estômatos, podendo diminuir a assimilação de CO_2, e a taxa fotossintética (Cecílio & Grangeiro, 2004), afetando negativamente a produção. Contudo, pode-se inferir que a adubação potássica influencia positivamente no índice SPAD, desde que seja ofertada na quantidade adequada, pois além de aumentar a assimilação e transporte de nitrogênio, o potássio é responsável pelo movimento das células-guarda dos estômatos, que regula a entrada de CO_2 que serve de combustível para a fotossíntese conforme relatado por Appezzato-da-Glória e Carmello-Guerreiro (2012).

4.5 Diâmetro interno do capítulo

O diâmetro interno do capítulo de plantas de girassol foi influenciado pelas doses de potássio e níveis de irrigação, de forma isolada. A adubação potássica influenciou o diâmetro interno do capítulo na avaliação realizada aos 60 DAE, ajustando-se ao modelo quadrático de regressão, com maior valor (10,33 cm) proporcionado pela dose de potássio de 183,72 mg dm^{-3} (Figura 19).

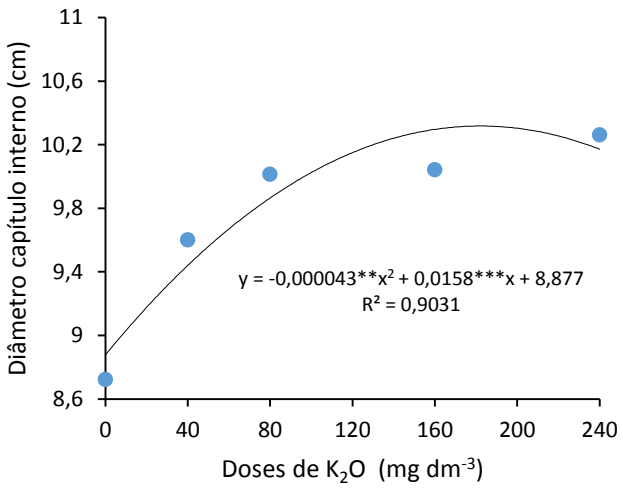


FIGURA 19. Diâmetro interno do capítulo aos 60 DAE em função das doses de K_2O em Latossolo Vermelho. ***, ** Significativo a 0,1 e 1%.

Resultados semelhantes foram encontrados por Bíscaro et al. (2008), com o maior diâmetro de capítulo de 11,9 cm nas doses acima de 60 kg ha^{-1} de K_2O.

Aos 60 DAE observou-se um aumento linear no diâmetro interno do capítulo de girassol com a elevação dos níveis de irrigação. No maior nível de

irrigação, o diâmetro foi de 10,47 cm com um incremento de 28% quando comparado o maior nível de reposição de água no solo (150% CC) com o menor nível de água aplicada (75% CC) (Figura 20).

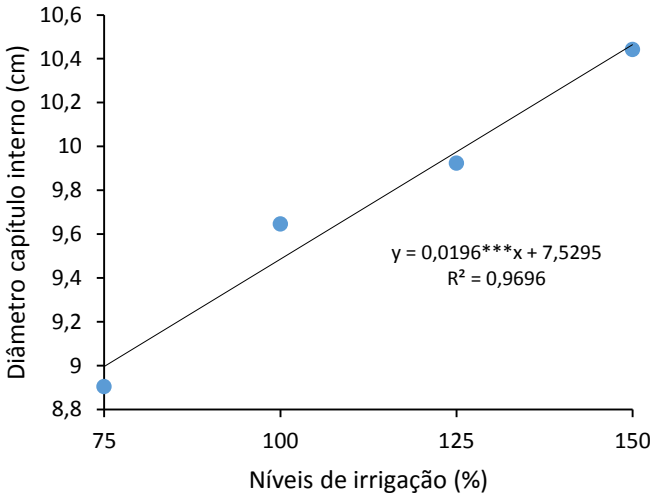


FIGURA 20. Diâmetro interno do capítulo aos 60 DAE em função dos níveis de irrigação em Latossolo Vermelho. *** Significativo a 0,1%.

Silva et al. (2007) compararam o crescimento e produtividade do girassol sob níveis de irrigação, observando diferença significativa no diâmetro interno e externo dos capítulos do girassol, em função dos níveis de água aplicados. Os autores ainda relataram a possibilidade de obtenção de maior produção de grãos em função de maiores tamanhos médios de capítulos. Gomes (2005) também constatou que os tratamentos submetidos à deficiência hídrica exibem capítulos de menores diâmetros.

Embora Silva et al. (2011) tenham observado incrementos do diâmetro do capítulo com aumento da disponibilidade hídrica, até a lâmina de 355,80 mm, os autores não observaram diferença estatística entre os diâmetros dos capítulos, norteando que apenas a variação de um dos fatores de produção, como a água, pode não ser suficiente para a obtenção de uma variação expressiva na planta, já que outros fatores, como nutrientes, sanidade e clima, estão em equilíbrio.

4.6 Diâmetro externo do capítulo

Houve efeito isolado das doses de potássio e níveis de irrigação para o diâmetro externo do capítulo de girassol, com ajuste ao modelo linear e quadrático de regressão, respectivamente (Figuras 21 e 22). Com relação à adubação potássica observou-se que para a maior dose (240 mg dm^{-3}), obteve-se 22,53 cm para o diâmetro externo do capítulo, com um incremento de 5%, quando comparado ao tratamento que não recebeu adubação potássica (Figura 21).

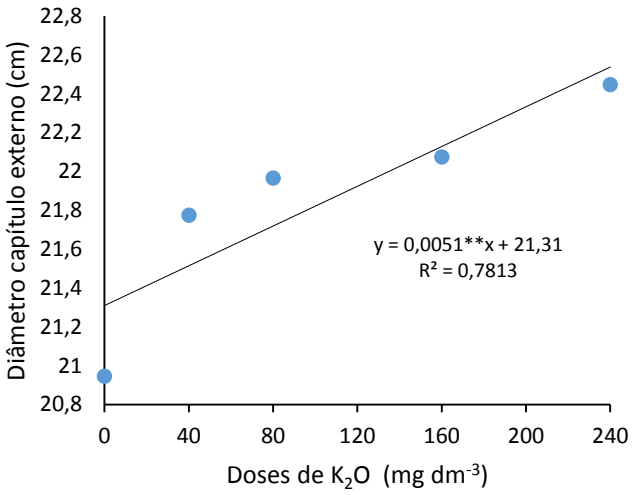


FIGURA 21. Diâmetro externo do capítulo aos 60 DAE em função das doses de K_2O em Latossolo Vermelho. ** Significativo a 0,1%.

O diâmetro externo do capítulo aos 60 DAE respondeu ao modelo linear de regressão em função dos níveis de irrigação. O maior diâmetro 23,29 cm foi observado no maior nível de água aplicada, com um incremento de 28% quando comparado a menor lâmina de reposição (75% CC) (Figura 22).

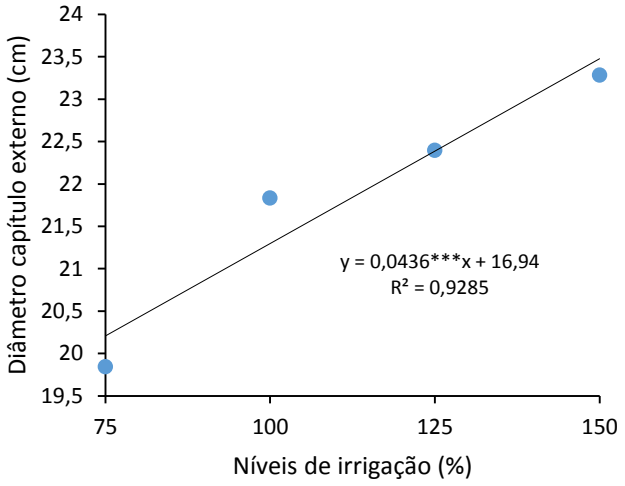


FIGURA 22. Diâmetro externo do capítulo aos 60 DAE em função dos níveis de irrigação em Latossolo Vermelho. *** Significativo a 0,1%.

Esses resultados são indicativos de que em condições de baixa disponibilidade de água no solo, vários processos metabólicos das plantas podem ser influenciados, como o fechamento estomático, redução da condutância estomática, redução da fotossíntese e transpiração, levando ao declínio no crescimento (PORTES et al., 2006), principalmente quando se relaciona com o crescimento do diâmetro de capítulo externo, já que este reflete a eficiência de produção da planta.

Corroborando com o resultado do presente estudo, Silva et al. (2007) trabalhando com a cultura do girassol sob diferentes lâminas de irrigação, também observaram que o incremento hídrico contribuiu para o aumento do diâmetro externo (DCe) e interno (DCi) do capítulo e obtiveram, para as cultivares 'Hélio 250' e 'Hélio 251', respectivamente, DCe igual a 16,9 e 17,6 cm, assim como DCi médio de 7,2 cm, com lâmina de 130% de reposição da evaporação do tanque Classe A.

4.7 Massa seca da parte aérea

Com relação ao desenvolvimento das plantas, avaliando a produção de massa seca da parte aérea, pode-se observar que houve interação entre os tratamentos (Figuras 23 e 24). O desdobramento das doses de potássio dentro dos níveis de irrigação tiveram efeito significativo. No nível de irrigação de 75%

da capacidade de campo observou-se um aumento linear na massa seca da parte aérea até a dose de 240 mg dm^{-3} (Figura 23A), correspondendo a 55,09 g vaso^{-1}. Para os níveis de 100, 125 e 150% CC as doses que proporcionaram maior massa seca da parte aérea (65,17, 76,69 e 95,69 g vaso^{-1}) foram 185,71, 204,52 e 197,73 mg dm^{-3} respectivamente (Figuras 23B, 23C e 23D).

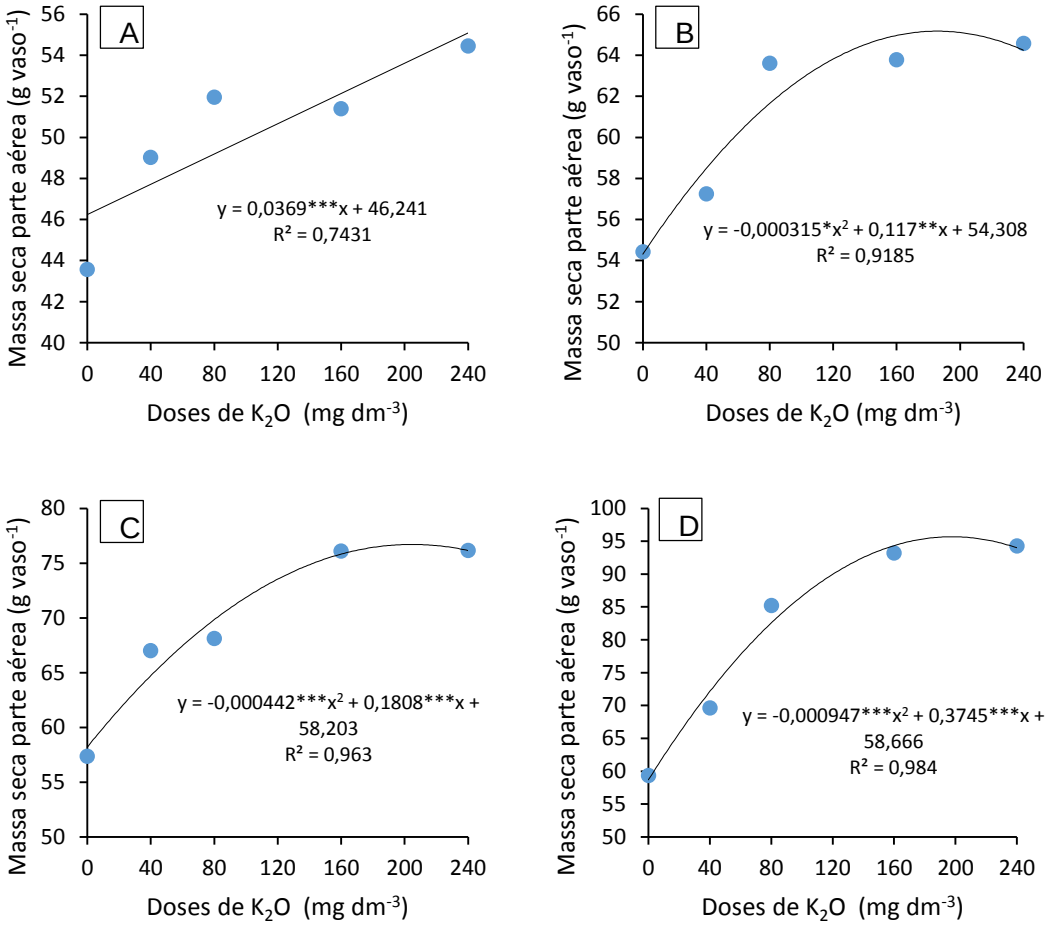


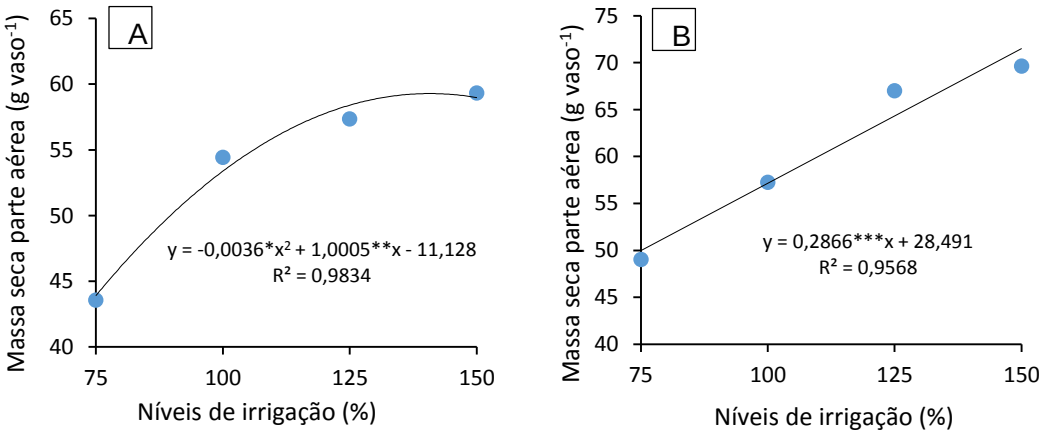
FIGURA 23. Massa seca da parte aérea, em função das combinações de doses de K_2O e níveis de irrigação no solo 75 (A), 100 (B), 125 (C) e 150% da capacidade de campo (D). ***, **, * Significativo a 0,1; 1 e 5% respectivamente.

É possível perceber no presente estudo que o aumento da oferta de potássio para plantas de girassol afeta positivamente a massa seca da parte aérea. De acordo com Lin et al. (2006) esse aumento na produtividade da massa seca da parte aérea em função do aumento nas doses de K_2O pode ser explicado com base no aumento da disponibilidade de nutrientes no solo para a planta, sobretudo o potássio, e ao equilíbrio nutricional entre o potássio e os demais nutrientes.

Corroborando com os resultados do presente trabalho a adição de K_2O determinou o elevado crescimento das plantas em altura e consequentemente em produtividade da parte aérea. Esse maior crescimento e produção da parte aérea contribui para o aumento do tecido fotossintético e maior acúmulo de carboidratos para as raízes, aumentando a produção final da cultura (VIANA et al., 2001).

Segundo Jesus et al. (2013) para o girassol, a aplicação de doses de potássio proporcionou a elevação da massa seca das plantas até a dose estimada de 181,25 mg L^{-1}.

O desdobramento dos níveis de irrigação dentro das doses 0, 40, 80, 160 e 240 mg dm^{-3} de K_2O tiveram efeito significativo (Figuras 24A, 24B, 24C, 24D e 24E), sendo que para a testemunha observou-se um ajuste ao modelo quadrático de regressão, onde o nível de irrigação de 138,96 % da CC proporcionou maior massa seca da parte aérea de plantas de girassol (58,39 g). Para as demais doses de potássio, observou-se um aumento linear da massa seca da parte aérea (71,48, 82,89, 91,80 e 92,01 g $vaso^{-1}$ respectivamente) com o aumento dos níveis de irrigação, com um incremento de 61, 76, 90,1 e 86 % respectivamente, quando comparado o maior nível (150%) com o menor nível de água aplicada ao solo (75%).



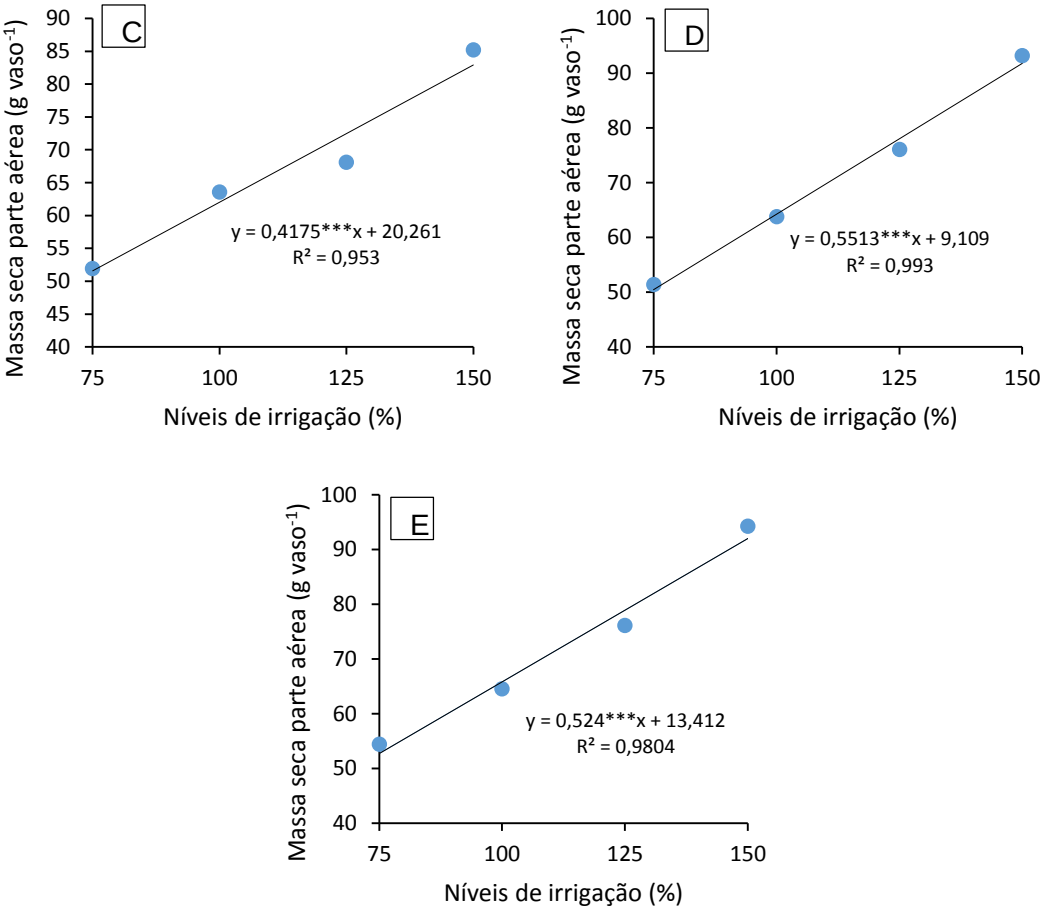


FIGURA 24. Massa seca da parte aérea, em função das combinações de níveis de irrigação e doses de K_2O, 0 (A), 40 (B), 80 (C) e 160 (D) e 240 mg dm^{-3} (E). ***, * Significativo a 0,1 e 5% respectivamente.

Tendência semelhante também foi observada por Gomes et al. (2012) em pesquisa sobre a produtividade de grãos e massa seca de girassol em função de diferentes lâminas de irrigação. Os autores registraram incrementos na massa seca, na ordem de 29,62%, quando comparados a maior e menor disponibilidade hídrica no solo.

Farahvash et al. (2011) relataram que a diminuição da massa seca total de plantas de girassol, é resultado do déficit hídrico durante o período de crescimento e desenvolvimento das plantas, havendo a diminuição da área foliar e do processo fotossintético, o que faz com que ocorra menor produção de fotoassimilados e menor desenvolvimento das folhas, caule e capítulos.

Nobre et al. (2010), obtiveram crescimento linear da fitomassa seca da parte aérea do girassol, com o acréscimo da lâmina de irrigação, com aumento de 280,88% em comparação ao tratamento em condição de hipoxia e 40% de

necessidade hídrica. Castro et al. (2006) encontraram alta redução de massa seca para plantas em déficit hídrico (falta de água) comparada com plantas sem estresse hídrico, corroborando com os resultados do presente trabalho, onde as maiores produções de fitomassa foram verificadas no maior nível de irrigação.

4.8 Massa seca da raiz

Houve interação significativa entre as doses de potássio e níveis de irrigação para a massa seca da raiz de plantas de girassol. O desdobramento das doses de potássio dentro dos níveis de irrigação tiveram efeito significativo. As doses de 176,47, 240 e 240 mg dm^{-3} de k_2O combinadas com os níveis de reposição de água no solo de 100, 125 e 150% da capacidade de campo, proporcionaram a maior massa seca da raiz, sendo 14,47, 19,85 e 25,06 g vaso^{-1}, respectivamente (Figuras 25A, 25B, 25C).

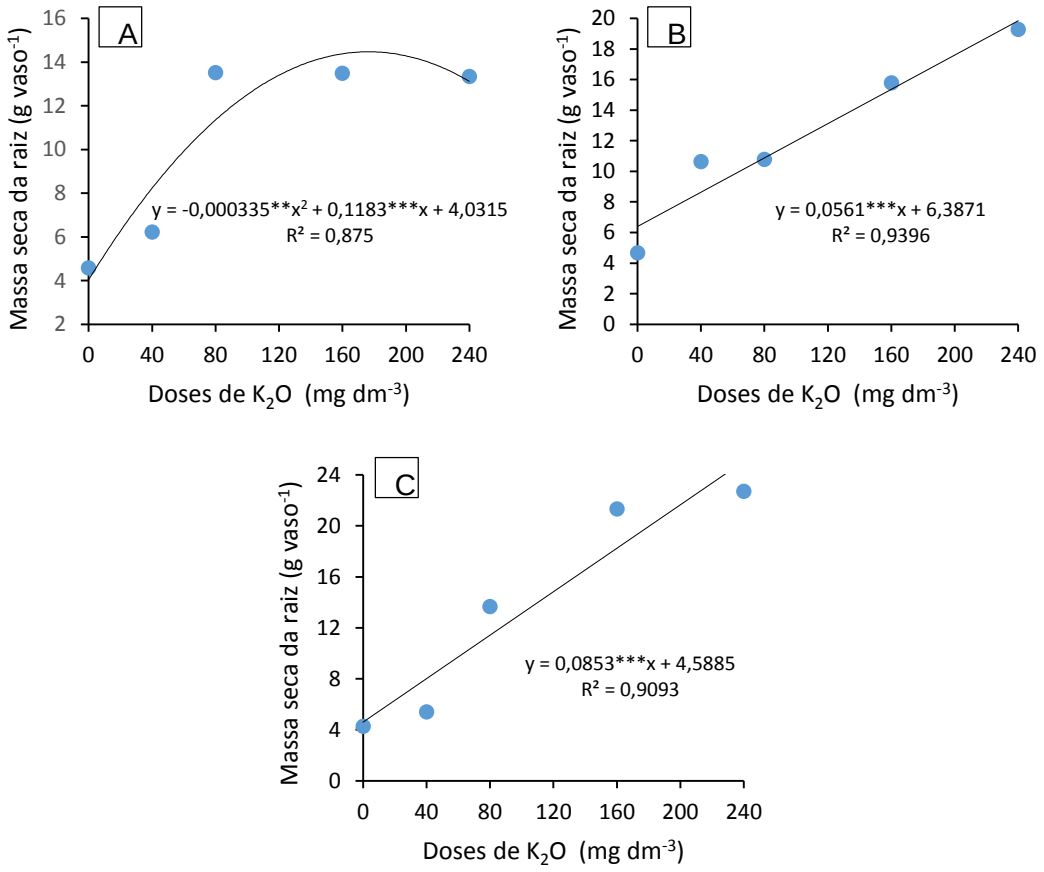


FIGURA 25. Massa seca da raiz, em função das combinações de doses de K_2O e níveis de irrigação no solo 100 (A), 125 (B), 150% da capacidade de campo (C). ***, **significativo a 0,1 e 1% respectivamente.

Pode-se observar que na ausência da aplicação de potássio ao solo, a massa seca de raízes foi reduzida, indicando que o estado nutricional das plantas, com ênfase na adubação potássica, tem influência nas propriedades de crescimento de suas raízes (ESHEL e WAISEL, 1996). Um sistema radicular bem desenvolvido é necessário para a nutrição e sustentação das plantas e, como consequência, para boa produtividade de grãos e forragem.

Os efeitos positivos do potássio observados no presente estudo, tanto no crescimento da parte aérea como no sistema radicular, ocorre devido as funções desempenhadas por esse nutriente no metabolismo das plantas, como ativação enzimática e regulação osmótica (MALAVOLTA et al., 1997).

A importância do estudo dessa variável no sistema produtivo é confirmado por Bonfim-da-Silva (2005), trabalhando com capim-Braquiária (*Brachiaria decumbens*) ao destacar que com o aumento do volume e comprimento do sistema radicular, maior será o volume de solo explorado pelas raízes, o que, consequentemente favorece a absorção de água e nutrientes pela planta.

O desdobramento dos níveis de irrigação dentro das doses de potássio 160 e 240 mg dm^{-3} tiveram efeito significativo (Figuras 26A e 26B). Para as doses de potássio observou-se um aumento linear da massa seca da raiz (20,93 e 23,07 g vaso^{-1}) com o aumento dos níveis de irrigação, com um incremento de 82 e 81% respectivamente, quando comparado o maior nível de irrigação (150% CC) com a menor lâmina de água aplicada (75%).

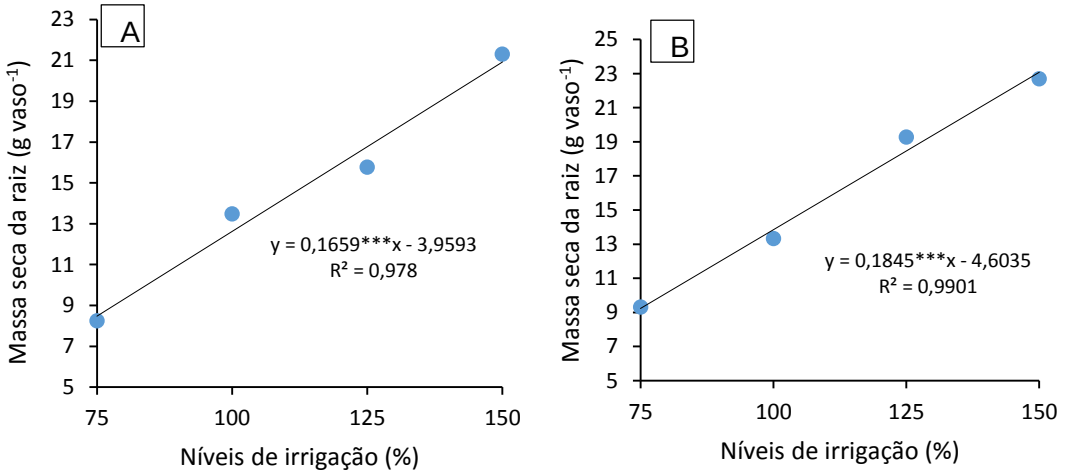


FIGURA 26. Massa seca da raiz, em função das combinações de níveis de irrigação e doses de K_2O 160 (A) e 240 mg dm^{-3} (B). *** Significativo a 0,1%.

Corroborando com os referidos resultados, Meo (2000) ao desenvolver experimentos em vasos para monitorar o impacto do estresse hídrico e adubação nitrogenada no desenvolvimento de plantas de girassol, constatou efeito significativo do estresse hídrico no sistema radicular das plantas, evidenciando que a diminuição da disponibilidade de água no solo promove o menor crescimento e desenvolvimento das raízes. Paiva Sobrinho et al. (2011) encontraram efeito significativo do desenvolvimento do sistema radicular das plantas de girassol, quando submetidas aos níveis de água no solo.

Salienta-se que uma planta, quando submetida ao estresse hídrico, tem praticamente todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento afetados o que pode modificar a anatomia e a morfologia e também interferir em muitas reações metabólicas (Nelson & Moser, 1994). A falta de água reduz a pressão de turgor e, consequentemente, o fluxo de seiva pelos vasos condutores (Taiz & Zeiger, 2009), fato que tende a diminuir o elongamento celular e, assim, o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

Os incrementos da massa seca da raiz, em função dos níveis de irrigação assemelha-se aos relatos de outros autores (GHAMARNIA; SEPEHRI, 2010; DUTRA et al., 2012), que verificaram diferenças significativas entre os valores médios de massa seca de raiz em plantas de girassol e cártamo, sendo observadas as maiores produções nos tratamentos com maior disponibilidade de água às plantas.

4.9 Número de grãos

Para o número de grãos, observou-se efeito significativo apenas para as doses de potássio aplicadas ao solo. A adubação potássica influenciou o número de grãos de girassol ajustando-se ao modelo quadrático de regressão (Figura 27), demonstrando que a dose de potássio de 227,41 mg dm^{-3} foi responsável pelo maior número de grãos (510,49 grãos $vaso^{-1}$).

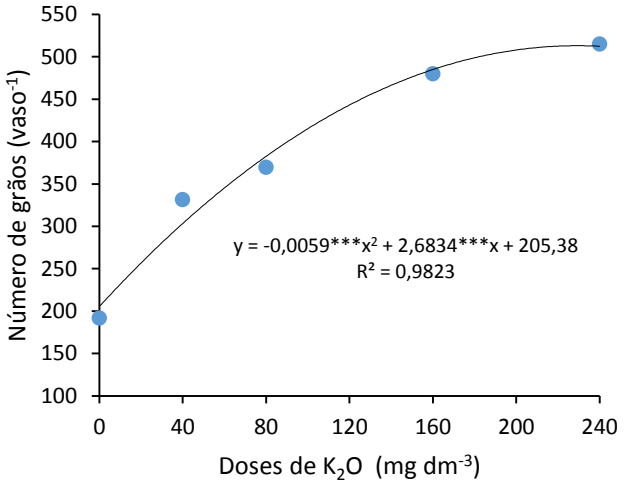


FIGURA 27. Número de grãos em função das doses de K_2O em Latossolo Vermelho. *** Significativo a 0,1%.

Resposta positiva à adubação potássica também foi observada por Andreotti et al. (2001), em trabalho realizado em casa de vegetação em vaso, em condições controladas para máxima exploração do sistema radicular das plantas, sendo constatado que o desenvolvimento e a produção de grãos do milho aumentaram conforme o aumento das doses de potássio.

O papel do K na condutância estomática, aumenta a eficiência do uso da água pela planta, o que implica em menor quantidade de água utilizada por unidade de matéria seca acumulada (PETTIGREW, 2008), em adição, a boa nutrição em potássio garante a atividade da ATPase, essencial para transformação da energia luminosa em energia química pela fotossíntese (PETTIGREW, 2008), essencial para um bom número de grãos.

4.10 Massa de grãos

Foi observada interação significativa entre as doses de potássio e os níveis de irrigação no solo para a massa de grãos por ocasião da colheita (Figuras 28 e 29). O desdobramento das doses de potássio dentro dos níveis de irrigação tiveram efeito significativo, ajustando-se ao modelo polinomial de regressão. Para os níveis de 75, 100, 125 e 150% da capacidade de campo observou-se que as doses 198,12, 174,42, 234,12 e 212,21 mg dm^{-3} de K_2O

proporcionaram a maior massa seca de grãos, sendo 25,14, 27,75, 31,67 e 34,94 g vaso^{-1}, respectivamente (Figura 28A, 28B, 28C e 28D).

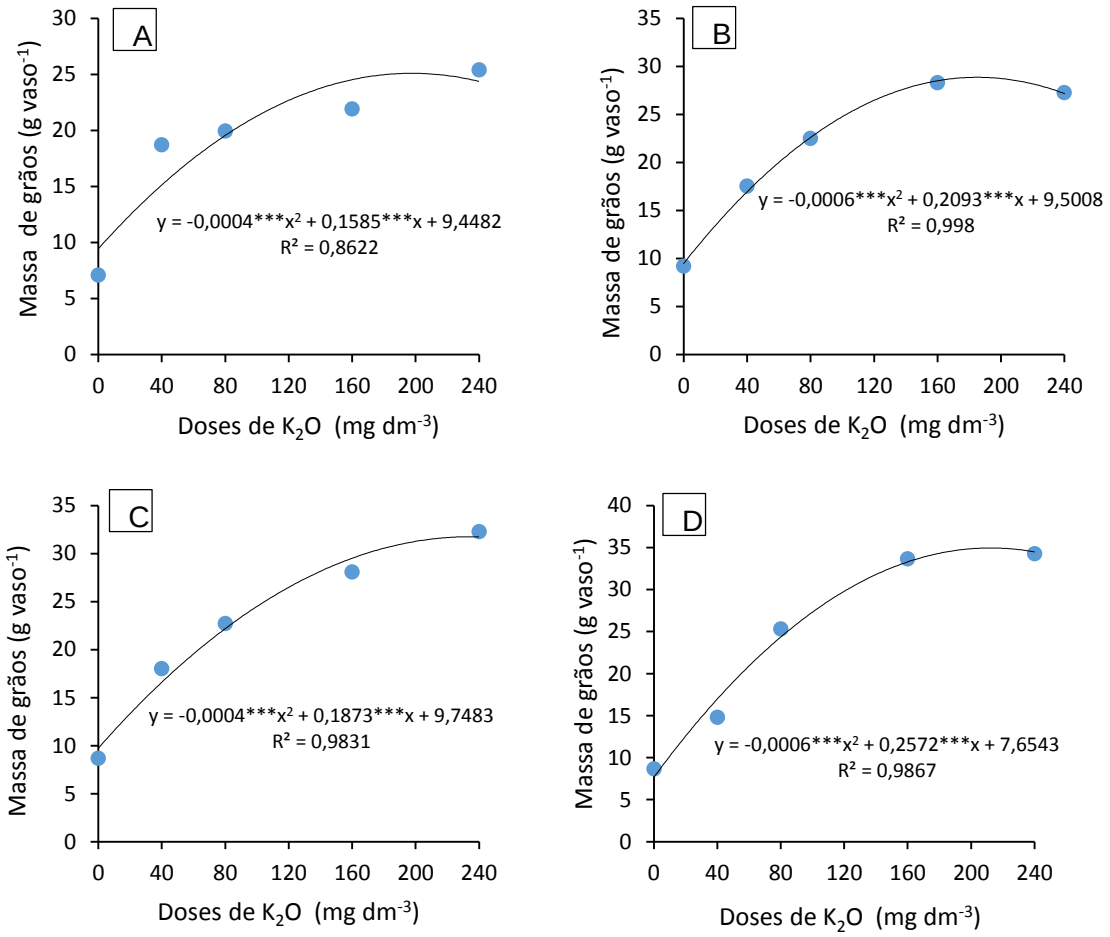


FIGURA 28. Massa de grãos, em função das combinações de doses de K_2O e níveis de irrigação no solo 75 (A), 100 (B), 125 (C), 150% da capacidade de campo (D). *** significativo a 0,1.

Foi observado aumento na massa de grãos, em função do fornecimento das doses de potássio, uma vez que esse nutriente influencia diretamente o potencial produtivo da cultura do girassol. Esse aumento na produção de massa seca de grãos, em função da adubação potássica, também foi observada por Sachs et al. (2006), que constataram a influência positiva do nutriente para o aumento da massa seca de grãos de girassol.

O aumento da produção em função do aumento das doses de K_2O pode ser justificado pelo fato de o potássio estar envolvido na ativação de diversas enzimas que participam de processos essências do metabolismo da planta, dos

quais destacam-se a fotossíntese e a utilização de energia na translocação e armazenamento dos assimilados da parte aérea para as regiões de drenos da planta (FIGUEIREDO, 2008).

O desdobramento dos níveis de irrigação dentro das doses de potássio de 160 e 240 mg dm^{-3} tiveram efeito significativo (Figuras 29A e 29B). Para as doses de potássio observou-se um aumento linear da massa de grãos (33,25 e 34,54 g vaso^{-1}) com o aumento dos níveis de irrigação, com um incremento de 63,28 e 54,8% respectivamente, quando comparada o maior nível de reposição de água no solo (150%) com o menor nível de água aplicada (75%).

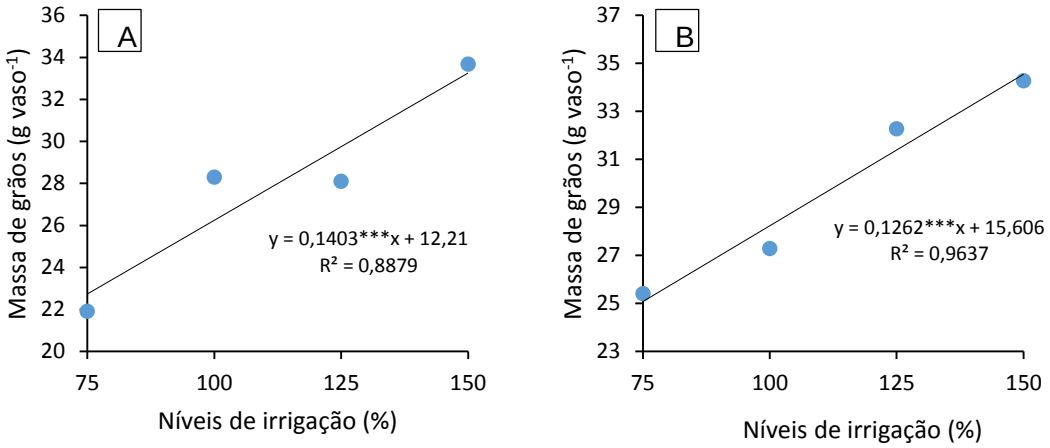


FIGURA 29. Massa de grãos, em função das combinações de níveis de irrigação e doses de potássio 160 (A) e 240 mg dm^{-3} (B). *** Significativo a 0,1%.

O incremento na massa de grãos em função dos níveis de reposição de água no solo reforça a ideia de que a água é essencial para o rendimento da cultura do girassol e que esta cultura responde positivamente ao incremento dos níveis de irrigação. De acordo com Thomaz (2008) a cultura do girassol se comporta de maneira significativa à reposição de água no solo por meio da prática da irrigação respondendo positivamente com incrementos na produção de grãos.

Taiz & Zeiger (2009) encontraram menores potenciais de produção de aquênios naqueles tratamentos submetidos às aplicações das menores lâminas de irrigação. Segundo os autores, em condições de deficiência hídrica as plantas utilizam o mecanismo de fechamento dos estômatos no intuito de restringir a perda de água reduzindo a transpiração, sacrificando a absorção de CO_2, acarretando reduções nas taxas fotossintéticas, fatos que reduzem a

acumulação de fotossintatos e, por consequência a produtividade de aquênios nesta cultura.

Castro et al. (2006), estudando boro e estresse hídrico na produção do girassol verificaram que as plantas que sofreram estresse hídrico a partir do início do florescimento ou no enchimento de aquênios, tiveram menor produção de fitomassa seca total e de grãos. O maior acúmulo de massa de grãos pode ser um reflexo de uma maior absorção de íons do solo, uma vez que o aumento da umidade do solo no desenvolvimento da cultura do girassol pode ser significativo na absorção de nutrientes pelas plantas (Loué, 1993).

4.11 Eficiência no uso da água

A eficiência no uso da água pelas plantas de girassol mostrou efeito significativo para a interação entre os tratamentos. O desdobramento das doses de potássio dentro dos níveis de irrigação tiveram efeito significativo, ajustando-se ao modelo quadrático de regressão. As doses de potássio 196,29, 187,5, 237,5 e 210,53 mg dm^{-3} combinadas com os níveis de 75, 100, 125 e 150% da capacidade de campo, proporcionaram a máxima eficiência no uso da água, sendo 1,67, 1,46, 1,29 e 1,08 g L^{-1}, respectivamente (Figuras 30A, 30B, 30C e 30D).

A eficiência no uso da água é de grande importância para a sobrevivência das plantas em condições de baixa disponibilidade hídrica como no Cerrado brasileiro. A absorção contínua de água é essencial ao crescimento e desenvolvimento vegetal, pois a maioria das plantas, em clima tropical, pode chegar a perder mais do que seu próprio peso em água, por dia, em certas condições (PIMENTEL, 2004).

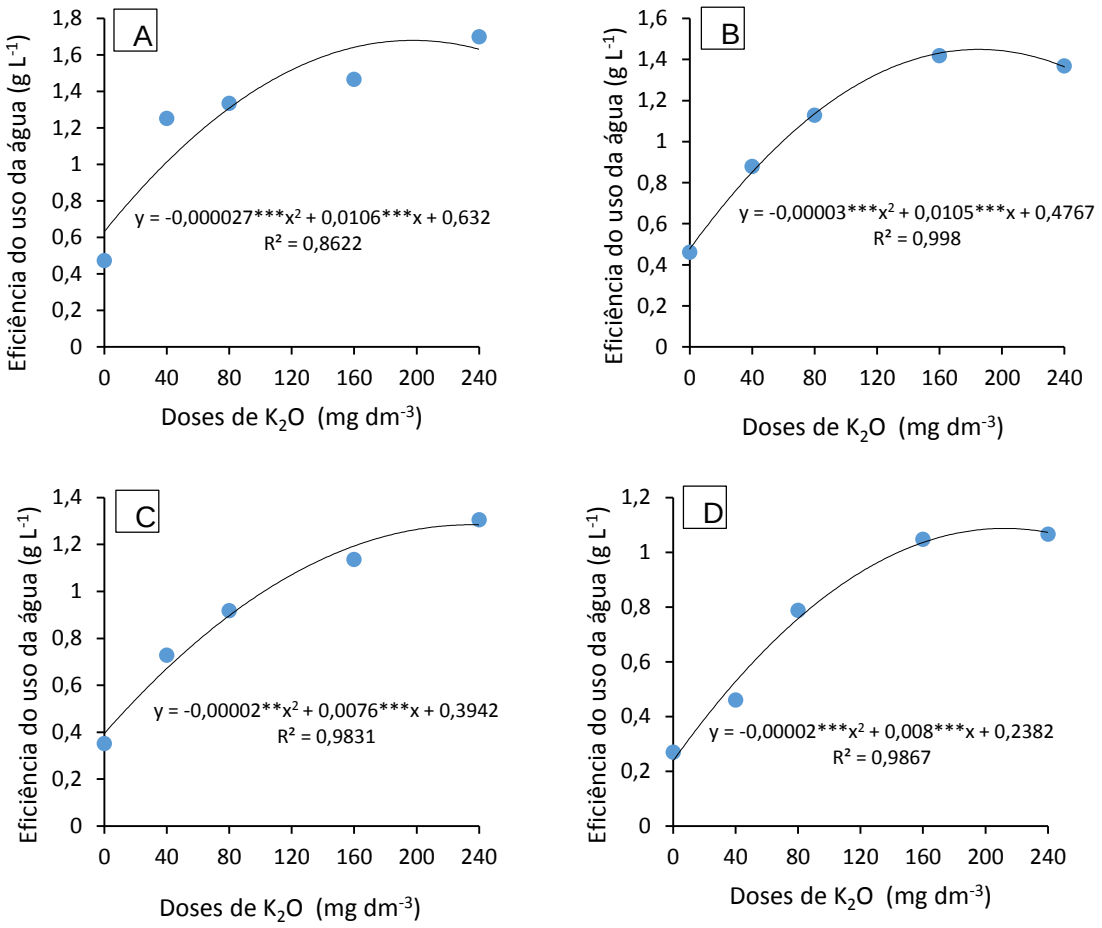


FIGURA 30. Eficiência de plantas de girassol no uso da água, em função das combinações de doses de K2O e níveis de irrigação no solo 75 (A), 100 (B), 125 (C), 150% da capacidade de campo (D). ***, ** significativo a 0,1 e 1%.

Com base nos resultados obtidos, é possível observar que o aumento das doses de potássio proporcionou ao girassol melhor aproveitamento da água disponível no solo para produzir maior quantidade de massa de grãos.

A eficiência no uso da água está relacionada com a fotossíntese e o fechamento dos estômatos (EDWARDS et al., 2010). Nesse contexto, destaca-se a importância do potássio na eficiência do uso da água, pois uma das funções mais importantes desse nutriente é o controle da abertura e fechamento dos estômatos, promovendo a mínima perda de água possível durante a absorção de CO_2 para realização da fotossíntese (PIMENTEL, 2004). Portanto, o fornecimento de potássio ao solo resulta em melhor qualidade da planta devido ao aumento da eficiência da fotossíntese e à ótima eficiência no uso da água (VIANA, 2007).

A influência do potássio na eficiência do uso da água é esperada, pois esse nutriente é muito importante na manutenção de água na planta, ao reduzir a transpiração, de acordo com Ernani et al. (2007). Assim, pode-se explicar o aumento da eficiência no uso da água para a massa seca de grãos, em função das doses de potássio aplicadas.

O desdobramento dos níveis de irrigação dentro das doses de potássio de 40, 80, 160 e 240 mg dm^{-3}, tiveram efeito significativo ajustando-se ao modelo linear de regressão (Figuras 31A, 31B, 31C e 31D). A medida que elevaram-se os níveis de irrigação no solo ocorreu um decréscimo na eficiência do uso da água, com maior eficiência na menor lâmina aplicada (75% da capacidade de campo).

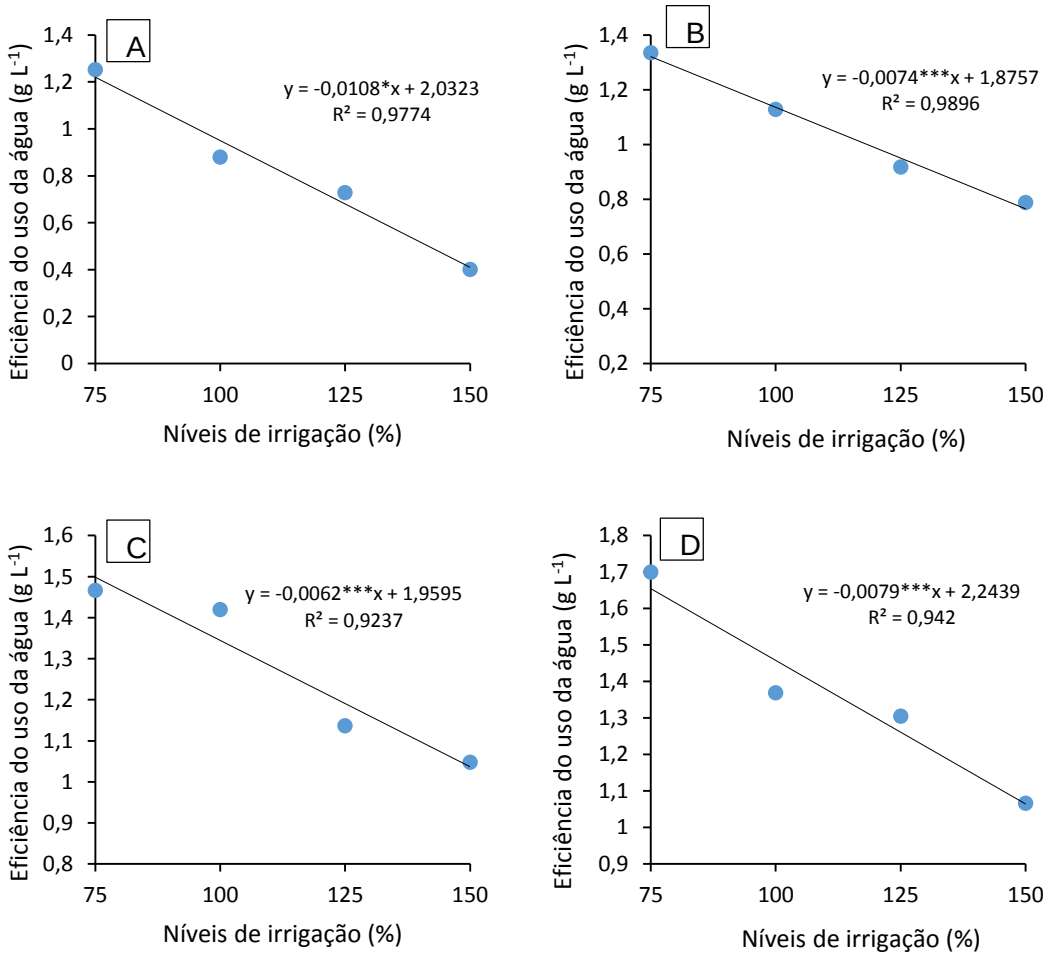


FIGURA 31. Eficiência de plantas de girassol no uso da água, em função das combinações de níveis de irrigação e doses de K_2O 40 (A), 80 (B), 160 (C) e 240 mg dm^{-3} (D). ***, * Significativo a 0,1 e 5%.

Silva (2005), observou uma diminuição relativa na eficiência do uso da água para a produção de grãos das plantas de girassol em função das lâminas de água aplicadas. Estes resultados corroboram aos relatos citados por Castro (1999), que afirma ter o girassol um comportamento aparentemente contraditório quanto à baixa eficiência no uso da água; eficiência esta, que melhora muito (20 a 50%) em condições de estresse hídrico, em função da pequena relação entre a redução da fotossíntese e as perdas de água por transpiração, e devido ao seu sistema radicular capaz de explorar camadas muito profundas do solo, assegurando algum rendimento.

Steduto e Albrizio (2005), investigando a eficiência do uso da água em plantas de metabolismo C3 e C4, observaram influência significativa da variação do conteúdo de água no solo sobre a eficiência do uso da água em plantas de girassol. Referidos pesquisadores também definem a eficiência do uso da água, como um parâmetro que relaciona a assimilação de carbono pelas plantas, com a evapotranspiração acumulada ao final do ciclo, constituindo uma característica de grande importância na avaliação do ganho de biomassa nas culturas.

Em adição, Naim e Ahmed (2010) relataram efeito significativo na eficiência do uso da água para produção de aquênios de girassol em função de diferentes disponibilidades hídricas no solo, onde o tratamento de menor consumo de água pelas plantas, obteve a maior eficiência no uso da água.

5 CONCLUSÕES

O suprimento de água e potássio no solo promovem ganhos no desenvolvimento e produção das plantas de girassol (cv SYN 042), cultivadas em Latossolo Vermelho.

Há interação entre os níveis de irrigação e doses potássio, resultando em aumento da massa seca da parte aérea, massa seca de raiz, massa seca de grãos e na eficiência no uso da água de plantas de girassol.

Maiores níveis de irrigação e doses de potássio promovem aumento nas características vegetativas e produtivas, porém o potássio isoladamente proporcionou maior ganho no rendimento dos grãos de girassol.

Para adubação potássica, o intervalo adequado de doses de potássio necessário para maximizar as características fitométricas é de 150 a 240 mg dm^{-3} e produtivas de 174,42 a 227,41 mg dm^{-3}.

O maior nível de irrigação (150% da capacidade de campo), é responsável pelo maior desenvolvimento das características morfológicas e produtivas de plantas de girassol.

6 REFERÊNCIAS

ABOISSA – Óleos Vegetais. **Girassol.** Disponível em: http://www.aboissa.com.br/girassol/index.html, Acesso em: 24 de julho de 2015.

ACOSTA, J. F. **Consumo hídrico da cultura de girassol irrigada na região da Chapada do Apodi-RN 2009**. 73 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)- Programa de Pós graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2009.

ALVES, G. M. R.; DINIZ, K. C. A.; SANTOS, P. A.; SILVA, N. R. M.; COSTA, F. E.; SOARES, C. S. Desenvolvimento do girassol sob adubação fosfatada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA E SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais**... Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 595-599.

ALVES, Maria Emilia Borges et al. Crescimento do cafeeiro sob diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** [online]. 2000, vol.4, n.2, pp. 219-225.

ALVES, P. L. **Folhas do girassol podem ser usadas na inibição do crescimento de plantas daninhas**. Disponível em: http://www.seedquest.com Acessado em: 13 de julho de 2015.

AMBROSANO, E.J.; TRIVELIN, P.C.O.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G.M.B.; SCHAMMASS, E.A.; GUIRADO, N.; ROSSI, F.; MENDES, P.C.D. MURAOKA, T. Utilization of nitrogen from green manure and mineral fertilizer by sugarcane. **Scientia Agricola**, v.62, n.6, p.534-542, 2005.

ANDRADE, S. J. de. **Efeito de níveis de irrigação e doses de boro na cultura do girassol.** 2000. 94 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

ANDREOTTI, M,; RODRIGUES, J.D.; CRUSCIOL, C.A.C.; SOUZA, E.C.Ade; BÜLL, L.T. Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. **Scientia Agrícola**, v.58, n.1, p. 145-150, 2001.

APPEZZATO-da-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. 3.ed.rev. e ampl, Viçosa: Ed. UFV, 2012. 404p.

ARAÚJO, J.A.C. de. **Análise do comportamento de uma população de café Icatu (H- 4782-7) sob condições de irrigação por gotejamento e quebra-vento artificial.** Piracicaba: ESALQ/SP, 1982. 87p. Dissertação Mestrado.

AZEVEDO, J.A.; SILVA, E. M. **Tensiômetro: dispositivo prático para controle da irrigação.** Circular Técnica, 001. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999, 33p.

BARRETO, L.P; BEZERRA NETO, E. **O potássio no metabolismo vegetal.** UFRPE. Recife, 2000. 58p.

BERNARDO, S., SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8.ed. Viçosa: UFV, 2009, 625p.

BILIBIO, C. et al. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 07, p. 730-735, 2010.

BISCARO, G. A. *et al*. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia-MS. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 05, p. 1366-1373, 2008.

BLAMEY, F. P. C.; EDWARDS, D. G.; ASHER, C. J. **Nutritional disorders of sunflower.** Brisbane: University of Queensland, 1987. 72 p.

BONFIM-da-SILVA, E.M. **Nitrogênio e enxofre na recuperação de pastagem de capim-Braquiária em degradação em Neossolo Quartzarênico com expressiva matéria orgânica**. 2005. 123p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

BREMNER, P.M.; Preston, G.K. St Groth, C.F. **A field comparison of sunflower (Helianthus annuus L.) and sorghum (Sorghum bicolor) in a long drying cycle.** In: Water extraction. Australian Journal of Agricultural Research, v.37, n.5, p. 483 - 493, 1986.

CAMARGO, P. N. **Princípios de nutrição foliar**. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda, 1970, 118 p.

CAMPOS, V. B.; CHAVES, L. H. G.; GUEDES FILHO, D. H.; SANTOS JÚNIOR, J. A. Reposição da água de irrigação na cultura do girassol Embrapa 122/v-2000. In: FERTIBIO, 2010, Viçosa. **Anais eletrônicos**... Viçosa: SBCS, 2010. Disponívelem:<http://74.125.155.132/scholar?q=cache:c4fDWrJAi7QJ:scholar.google.com/+reposi%C3%A7%C3%A3o+da+agua+de+irriga%C3%A%C3%A3o+na+cultura+do+girassol+&hl=pt-BR&as_sdt=0&as_vis=1>. Acesso em: 20 agosto 2015.

CANTARELLA, H. Adubação e calagem do girassol. III Simpósio Nacional de Girassol. XV Reunião Nacional de Girassol. Ribeirão Preto. Out/2003 (CD ROM).

CASTIGLIONI, V. B. R.; CASTRO, C.; BALLA, A. Avaliação de genótipos de girassol em ensaio intermediário (1992/93), Londrina- PR. In: REUNIÃO NACIONAL DE GIRASSOL, 10, 1993, Goiânia. **Resumos.**.. Goiânia: IAC, p. 37, 1993.

CASTIGLIONI, V.B.R., BALLA, A., CASTRO, C., SILVEIRA, J.M. **Fases de desenvolvimento da planta do girassol.** EMBRAPA, 1994. 24p (CNPSo. n. 58).

CASTRO C, Balla A, Castiglioni VBR, Sfredo GJ. Levels and methods of nitrogen supply for sunflower. **Scientia Agricola** 56:827-833, 1999.

CASTRO C.; OLIVEIRA F. A.; VERONESI C. O.; SALINET L. H. **Acúmulo de matéria seca, exportação e ciclagem de nutrientes pelo girassol.** In XVI REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 16. 2005, Londrina. Anais Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 2005. p. 29-31.

CASTRO, C. **A expansão do girassol no Brasil**. EMBRAPA Soja. Londrina PR. 2007. Disponível em: http://www.cnpso.embrapa.br/rnpg/downloads/Pain el. Acesso em: 15 ago. 2015.

CASTRO, C. de. **Boro e estresse hídrico na nutrição e produção do girassol em casa-de-vegetação**. 1999. 120 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

CASTRO, C. de; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; Leite, R.M.V.B. de C.; MELO, H.C.; GUEDES, L.C.A.; FARIAS, J.R. 1997. **A cultura do girassol**. EMBRAPA/CNPSo. Londrina. 36p. (Circular Técnica, 13).

CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do girassol. In: LEITE, R. M. V.B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil.** Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.163-218.

CASTRO, C.; MOREIRA, A.; OLIVEIRA, R. F.; DECHEN, A. R. Boro e estresse hídrico na produção do girassol. **Ciência e agrotecnologia**. v. 30, n. 2. Lavras. 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_ arttext;pid=S1413-70542006000200004#nota1. Acesso em: 24 de julho 2015.

CASTRO, C.; MOREIRA, A.; OLIVEIRA, R. F.; DECHEN, A. R. Boro e estresse hídrico na produção do girassol. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n.2, p. 214-220, 2006.

CASTRO, César de et al. Sistema produtivo de girassol para a produção de biodiesel. In: CASTRO, Antônio Maria Gomes de; LIMA, Suzana Maria Valle; SILVA, João Flávio Veloso. **Complexo Agroindustrial de biodiesel no Brasil**: Competitividade das cadeias produtivas de matérias-primas. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2010. p. 376-420.

CECÍLIO FILHO, A. B.; GRANGEIRO, L. C. Produtividade da cultura da melancia em função de fontes e doses de potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 03, p. 561- 569, 2004.

COELHO, R.I.; CARVALHO, A.J.C. de.; MARINHO, C.S.; LOPES, J.C.; PESSANHA, P.G.O. Resposta à adubação com uréia, cloreto de potássio e ácido bórico em mudas do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 29, n. 1, p. 161-165, 2007.

COELHO, S. L.; TEIXEIRA, A. S. Avaliação do tensiômetro eletrônico no monitoramento do potencial matricial de água no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.536-545, 2004.

CONAB. **Conjuntura bimestral da safra 2015/2016**. Mato grosso: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2014. 85 p. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_12_29_17_37_43_girassol_-_conjuntura_003_outubro_e_novembro_2015-2.pdf >. Acesso em: 10 de dezembro de 2015.

COSTA, P.C.; CAÑIZARES, K.A.L.; GOTO, R. Produção de pepino de plantas enxertadas cultivadas em soluções nutritivas com diferentes teores de potássio. **Horticultura Brasileira**, v.19, n.3, p.207-209, 2001.

DALL'AGNOL, A.; VIEIRA, O.V. & LEITE, R.M.V.B.C. **Origem e histórico do girassol.** In: LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M. & CASTRO, C. Girassol no Brasil. Londrina, 2005. p.1-14.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. **Elementos requeridos à nutrição de plantas**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. C.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do Solo. 1 ed. Viçosa: SBCS, 2007. p. 91-132 Disponível em http://www.editora.ufla.br/BolExtensao/pdfBE/bol_87.pdf Acesso em 17 de agosto de 2015.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMANS, J.W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O.O.S. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 3.0). **Scientia Agrícola**, v.57, n.1, p.191-192, 2000.

DUTRA, C. C.; PRADO, E. A. F. do; PAIM, L.R.; SCALON, S. de P. Q. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n.1, p. 2657-2668, 2012.

E.F., Pinto, J.M., Coelho Filho, M. A. **Irrigação e Fertirrigação em Fruteiras e Hortaliças.** Brasília: Embrapa, p.159-232, 2011.

EDWARDS E.J.; OSBORNE, C.P.; STRÖMBERG, C.A.E.; SMITH, S.A.; BOND, W.J. The origins of C4 grasslands: integrating volutionary and ecosystem science. **Science**, Washington, v.328, n. 5978, p. 587-591, 2010.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Soja. **Tecnologias de Produção Girassol:** Exigências Climáticas 2010b.

EMBRAPA SOJA. **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, p. 118, 2006.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo.** 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 2013. 353 p.

EPSTEIN, P. Mineral metabolism. IN: BONNER, J.; VARNER, J.E. (eds.). **Plant Biochemistry** London: Academic Press, 1965. p. 438 - 466.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A. e SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. e NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.551-594.

ESHEL, A.; WAISEL, Y. Multiform and multifunction of various constituents of one root system. In: WAISEL, Y., ESHEL, A. & KAFKAFI., U., ed. **Plant roots: The hidden half**. 2. ed. New York, Marcel Dekker,1996. p.175-192.

EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A. **Silagens: do cultivo ao silo**. Lavras: UFLA, 2000. 196p.

FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics**. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/QC/E>. Acesso em: 10 de agosto de 2015.

FARAHVASH, F.; MIRSHEKARI, B.; SEYAHJANI, E. A. Effects of Water Deficit on Some Traits of Three Sunflower Cultivars. **Journal of Scientific Research**, v. 9, n.5, p. 584-587, 2011.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, v. 6, n.2, p. 36-41, 2008.

FIGUEIREDO, M. A. Fontes de potássio no crescimento in vitro de plantas de orquídea (*cattleya loddigesii*). **Ciência Rural**, v.38, n.1, p.255-257, 2008.

FRANK, J.; Szabo, L. **A napraforgo Helianthus annuus**, L. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1989. 178p.

GARZA, M. S.; GONZÁLES, H. G.; GARCÍA, F. Z.; HERNÁNDEZ, B. C.; GARCIDUEÑAS, M.R. **Efecto de cuatro fitoreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol.** Ciencia UANL. v. 4, n. 1, p. 69-75. 2001.

GHAMARNIA, H.; SEPEHRI, S. Different irrigation affect water use, yield and other yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) crop in a semi-arid region of Iran. **Journal of Food, Agricultural & Environment**, v. 8, n.2, p. 590-593, 2010.

GHANI, A., HUSSAIN, M., QURESHI, M.S., 2000. Effect of different irrigation regimens on the growth and yield of sunflower. Int. J. Agri. and Biol., 2(4): 334-335.

GOMES, E. M. **Parâmetros básicos para a irrigação sistemática do girassol (*Helianthus annus* L.).** 2005. 99 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

GOMES, E. M.; UNGARO, M. R. G.; VIEIRA, D. B. Impacto da suplementação hídrica no acúmulo e partição da matéria seca de girassol. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GIRASSOL, 3.; REUNIÃO NACIONAL DA CULTURA DE GIRASSOL, 15., 2003, Ribeirão Preto. **Anais**... Ribeirão Preto: CATI, 2003. 1 CD-ROM.

GOMES, E. P.; FEDRI, G. ÁVILA, M. R.; BISCARO, G. A.; REZENDE, R. K. S.; JORDAN, R. A. Produtividade de grãos, óleo e massa seca de girassol sob diferentes lâminas de irrigação suplementar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.3, p.237–246, 2012.

GONÇALVES, L.C.; TOMICH, T.R. Utilização do girassol como silagem para alimentação bovina. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 13. 1999, Itumbiara. **Anais**..., Londrina: Embrapa Soja, 1999. p.21-30.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas.** Potafos, Piracicaba, n. 75, 5p. 2001.

GUERRA, A. F.; SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A. Tensão de água no solo: um critério viável para irrigação do trigo na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.4, p 632-636, 1994.

HOCKING, P.J.; STEER, B.T. **Uptake and partitioning of selectedmineral elements** in: sunflower (helianthus annus L) during grouth. Field Crops Research, v, 6, p.93-107, 1983.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal.** 2010 Disponível em:. Acesso em julho 2015.

JESUS, F.N.; ALVES, A.C.; SANTOS, A.R.; SOUZA, G.S.; CERQUEIRA, T.T. Mudas de girassol submetidas a doses de potássio. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.16; p. 1554-1565, 2013.

JOLY, A. B. **Botânica introdução á taxonomia vegetal**. 11. ed. São Paulo: Editora Nacional, 1993. 777 p.

KANT, S; KAFKAFI, U. Potassium and abiotic Stresses in Plants. IN**: Role of potassium in nutrient management for sustainable crop production in India.** Eds. PASRICHA, N. S.; BANSAL, S. K., Potash Research Institute of India: Gurgaon, Haryana, p. 233-251, 2002.

KARAM, F.; MASAAD, R.; KABALAN, R.; BREIDI, J.; CHALITA, C.; ROUPHAEL, Y. Evapotranspiration, seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full and deficit irrigation conditions. **Agricultural Water Management**, v.90, n.16, p. 213–223, 2007.

KOETZ, M. **Maracujazeiro-amarelo: cultivo protegido e natural, irrigação e adubação potássica.** 2006. 119 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2006.

KRZYZANOWSKI, F. C. et al. **Tecnologia para produção de sementes de girassol** In: LEITE, R. V. B. de C; BRIGHENTI, A. M; CASTRO, C. Girassol no Brasil. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2005. p. 547-605.

LAZZAROTTO, J.J.; ROESSING, A.C. & MELLO, H.C. **O agronegócio do girassol no mundo e no Brasil.** In: LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M. & CASTRO, C. Girassol no Brasil. Londrina, 2005. p.15-42.

LEITE, R. M. V. B. C. & CARVALHO, C. G. P. Avaliação da resistência de genótipos de girassol à mancha de Alternaria (*Alternaria helianthi*) em condições de campo. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol, 16, e Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol, 4, 2005, Londrina. **Anais**. Londrina, Embrapa Soja, 2005. p.108-110.

LEITE, R.M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. de. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 641p.

LEITE, R.M.V.B.C.; CASTRO, C.; BRIGHENTI, A.M.; OLIVEIRA, F.A.; CARVALHO, C.G.P. & OLIVEIRA, A.C.B. **Indicações para o cultivo de girassol nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Roraima.** Londrina, Embrapa Soja, 2007. 4p. (Comunicado Técnico, 78).

LIN, X. Y; ZHANG, Y. S; CAI, M. Z; ZHANG, Y. P; YANG, X. E. Effects of phosphorus and potassium on the yield, quality and storability of citrus fruits. **Plant Nutricion Fertilizater Science** 12; 82-88. 2006.

LOUÉ, A. **Oligoéléments en agricultures**. Antibes: SCPA-NATHAN, 1993. 577 p.

LYNCH, J.P.; BROWN.K.M. Topsoil foraging: an architectural adaptation to low phosphorus availability. **Plant and Soil**, v.237, p.225-237, 2001.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo, Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E. Potássio – Absorção, transporte e redistribuição na planta. In: AMADA, T.; ROBERTS, T.L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira.** Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato; Instituto Internacional da Potassa, 2005. p. 179-230.

MALAVOLTA, E.; CROCOMO, O. J. O potássio e a planta. In: POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1982. **Anais**, Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato; Instituto Internacional da Potassa, 1982, p.95-162.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, A.S. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.

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

MANICA, I. (1999) **Fruticultura Tropical 5.** Abacaxi. Porto Alegre: Cinco Continentes, 501p.
MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: Editora UFV, 2005. 451p.

MAROUELLI, W.A.; OLIVEIRA, A.S.; COELHO, E.F., NOGUEIRA, L.C.; SOUZA, V.F. **Manejo da água de irrigação** In: Sousa, V.F. de, Marouelli, W.A., Coelho,
MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2nd ed. London: Academic Press, 1995, 889p.

MEDEIROS, S.S.;SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de gérbera: efeito nos componentes de produção. **Engenharia Agrícola**, v.27,n.2, p. 569-578, 2007.

MEO, A. A. Impact of variable drought stress and nitrogen levels on plant height, root length and grain numbers per plant in a sunflower (*Helianthus annuus* L.) variety "shmas". **Journal of Agricultural Science**, v. 37, n.2, p. 89-92, 2000.

MOTA, F.S. da. **Meteorologia agrícola**. São Paulo: Nobel, 1983. 376p.

NACHTIGALL, G.R.; VAHL, L.C. Dinâmica de liberação de potássio dos solos da região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, v.15, n.1, p. 43-47, 1991b.

NAIM, A. M. E.; AHMED, M. F. Effect of irrigation intervals and inter-row spacing on yields, yield components and water use efficiency of sunflower (*Helianthus annus* L). **Journal of Applied Sciences Research**, v. 6, p. 1446-1451, 2010.

NAZARLI, H.; ZARDASHTI, M. R.; DARVISHZADEH, R.; NAJAFI, S. The effect of water stress and polymer on water use efficiency, yield and several morphological traits of sunflower under greenhouse condition. **Notulae Scientia Biologicae**, v.2, n.4, p.53- 58, 2010.

NELSON, C. J.; MOSER, L. E. Plant factors affecting forage quality. In: Fahey J. R.; Collins, M.; Mertens, D. R. (ed.) Forage quality, evaluation and utilization. Madison: **American Society of Agronomy**, 1994. p.115-154.

NEZAMI, A.; KHAZAEI, H. R.; BOROUMAND REZAZADEH, Z.; HOSSEINI, A. Effects of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus* L.) in controlled conditions. **Desert**, v. 1, p. 99-104, 2008.

NOBRE, R. C.; GHEYL, H. R.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O.; NASCIMENTO, E. C. S. Produção de girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n.7, p. 747-754, 2010.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Viçosa: UFV, 1999. 399 p. PRADO, R. M.; LEAL, R. M. Desordens nutricionais por deficiência em girassol var. Catissol-01. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiás, v. 36, n. 3, p. 187-193, 2006.

OLIVEIRA, F.A.; CARMELLO, Q.A.C.; MASCARENHAS, H.A.A. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa-de-vegetação. **Scientia Agrícola**, v.58, n.2, p.329-335, 2001.

OLIVEIRA, I. R.; CARVALHO, H. W.; PORTELA, C. G.; MELO, K. E. O. **Avaliação de cultivares de girassol no Estado de Sergipe. Aracaju - SE.** 2008. (Circular Técnica EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 53).

OLIVEIRA, M. F; VIEIRA, O. V; LEITE, R. M. V. B. C. **Extração de óleo de girassol utilizando miniprensa**. Londrina: Embrapa, p. 27, 2004.

OR, D. Who invented the tensiometer? **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, p. 1-3, 2001.

ORTEGA, E.; WATANABE, M.; CAVALETT, O. A produção de etanol em micro e mini destilarias. In: CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. S.; GOMEZ E. O. (Org.). 736 p. **Biomassa para Energia**. Campinas: Editora Unicamp, p. 475-489, 2008.

PAIVA SOBRINHO, S.; TIEPPO, R. C.; SILVA, T. J. A. Desenvolvimento inicial de plantas de girassol em condições de estresse hídrico, **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n.12, p.1-12, 2011.

PAIVA, T. F. P.; FEITOSA, H. DE O; FARIAS, G. C.; SILVA JUNIOR, R. J. DA C.; FERREIRA, F. J.; LACERDA5, C. F. DE. **Resposta do girassol submetido a doses de boro e potássio**. Inovagri. Fortaleza - CE. 2012.

PELEGRINI, B. **Girassol: uma planta solar que das Américas conquistou o mundo.** São Paulo: Ícone, 1985. 117p.

PETTIGREW, W. T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton.**Physiologia Plantarum**. v. 133, n.4, p. 670-681, 2008.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água.** Rio de Janeiro: Edur, Seropédica, 2004. 191p.

PORTAS, A. A. **O girassol na alimentação animal**. Campinas: CATI/D SM, 2001.

PORTES, M. T.; ALVES, T. H.; SOUZA, G. M. Water deficit affects photosynthetic induction in Bauhinia forficata Link (Fabaceae) and Esenbeckia leiocarpa Engl. (Rutaceae) growing in understorey and gap conditions. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, n.4, p.491-512, 2006.

PORTO, W. S.; CARVALHO, C. G. P.; PINTO, R. J. B. (2007), **Adaptabilidade e estabilidade como critérios para seleção de genótipos de girassol.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, n.4, p.491-499, 2007.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP 2008. 407 p.

QUEIROZ, T.M. **Desenvolvimento de um sistema automático para irrigação de precisão em pivô central.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, 2007. 147p. (Tese de doutorado).

REICHENBACH, H.G. van. Factores of mica transformation. In: COLLOQUIUM OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 9., 1972. Landshut. **Proceedings**…Bern: International Potash Institute, 1972. p. 33- 42.

ROSSI, R. **O Girassol.** Curitiba: Tecnogro. 333p. 1998.

SACHS, L. G.; PRUDENCIO-FERREIRA, S. H.; SACHS, J. P. D. ; FELINTO, A. S. ; PORTUGAL, A. P. . Farinha de girassol: II - efeito na qualidade do pão. In: **Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol. V simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol,** 2005, p.261.

SACHS, J.P.D. Efeito de NPK na produtividade e componentes químicos do girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 4, p. 533-546, 2006.

SACHS, L.G.; PORTUGAL, A.P.; PRUDENCIO-FERREIRA, IDA, S.H.; SACHS, SANTOS, L.G. **Suprimento de fósforo e boro no desenvolvimento e rendimento de óleo na cultura de girassol em Latossolo Amarelo Coeso.** Cruz das Almas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 79 p. 2009. (Dissertação Mestrado).

SEILER, G.J. Anatomy and morphology of sunflower. In: SCHNEITER. A. **Sunflower Technology and Production**. Madison: Wisconsin USA, p.67-111, 1997.

SHARP, R. E. Interaction with ethylene: changing views on the role of abscisic acid in root and shoot growth responses to water stress. **Plant Cell Environment**, Columbia, v. 25, n. 2, p. 211-222, 2002.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; FREITAS, C. A. S.; PEREIRA FILHO, J. V.; ANDRADE, R. R.; FEITOSA, D. R. C. Morfologia e fitomassa do girassol cultivado com déficits hídricos em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.9, p.959–968, 2012.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, C. C. M.; FILHO, J. V. P.; FREITAS, C. A. S. Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação no Vale do Curu, CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n.1, p. 57-64, 2011.

SILVA, H.L da. **Potencial alelopatico da cultura do girassol (Helianthus annus L**.). Pato Branco-PR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2009. 105 f. (Dissertação de Mestrado).

SILVA, M. L. O.; FARIAS, M. A. F.; MORAIS, A. R.; ANDRADE, G. P.; LIMA, E. M. C. Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 482–488, 2007.

SINGH, B.; GOULDING, K. W. T. Changs with time in the potassium content and phyllosollicates in the soil the Broadbalk Continuos Wheat experiment at Rothamsted. **Europen Journal Soil Science**, Oxford, v. 48, p 651 – 659, 1997.

SIONIT, N.; GHORASHI, S.R.; KHERADNAN, M. **Effect of soil water potential on growth and yield of sunflower.** Journal of Agricultural Science, v.81, n.1, p.113-116, 1973.

SNOECK, J. Essai d'irrigation du caféier Robusta. **Café Cacao Thé**, Paris, v.21, n.2, p.111- 128, 1977.

SOUZA, L.F. da S. (1999) **Exigências edáficas e nutricionais**. In: CUNHA, G.A.P. DA, CABRAL, J.R.S., SOUZA, L.F. DA S. (orgs.) O abacaxizeiro, Cultivo, agroindústria e economia. Brasília: Embrapa comunicação para transferência de Tecnologia, p.67-82.

STEDUTO, P.; ALBRIZIO, R. Resource use efficiency of field-grown sunflower, sorghum, wheat and chickpea. II Water use efficiency and comparison with radiation use efficiency. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.130, n.4, p. 269–281, 2005.

STROMBERGER, J.A.; TSAI, C.Y.; HUBER, D.M. Interactions of potassium with nitrogen and their influence on growth and yield potential in maize. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.17, n.1, p.19-37, 1994.

TAHIR, M. H. N., IMRAN, M.; HUSSAIN, M. K. Evaluation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) inbred lines for drought tolerance. **International Journal Agricultural Biology.** v. 1, n. 3, p. 398–400, 2002.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª edição. Editora Artmed, 2004, 719p.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 2nd ed. Massachusetts: Sinauer Associates, 1998, 792p.

Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia vegetal.** 4.ed. Porto Alegre: Artmed, p.819, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 5.ed. Piracicaba, Artmed, p.820, 2013.

THOMAZ, G. L. **Comportamento de cultivares de girassol em função da época de semeadura na região de Ponta Grossa, PR.** Ponta Grossa: UEPG, 2008. 92p. Dissertação Mestrado.

UNGARO, M. R. G. **Cultura do girassol**. Campinas, Instituto Agronômico. 2000. 36 p.

UNGARO, M. R. G. **Mercados potenciais para o girassol e os seus subprodutos.** In: CÂMARA, G. M. S.; CHIAVEGATO, E.J (Ed). O agronegócio das plantas oleaginosas: algodão, amendoim, girassol e mamona. Piracicaba: Esalq, 2001. p. 123 - 140.

UNGARO, M.R.G. **Instruções para a cultura do girassol**. Campinas: IAC, 1986, 26p. (Boletim Técnico 105).

USDA - **Departamento de Agricultura dos Estados Unidos**. 2015. Disponível em http://www.cnpp.usda.gov/default.html. Acesso em: 10 agosto 2015.

VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, v. 44, n.1, p. 898-982, 1980.

VIANA AES, SEDIYAMA T, LOPES SC, CECON PR & SILVA AA (2001) Efeito do comprimento e de incisões no córtex da maniva sobre o cultivo da mandioca (Manihot esculenta Crantz). **Acta Scientiarum Agronomy**, 23:1263-1269.

VIANA, E. **Interação de nitrogênio e potássio na nutrição, no teor de clorofila e na atividade de redutase de nitrato em plantas de trigo**. 96f. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

VIEIRA, O.V. Características da cultura do girassol e sua inserção em sistemas de cultivos no Brasil. **Revista Plantio Direto**, v. 14, n.88, p. 18-24, 2005.

VILELA, L.; SOUSA, D.M.G., SILVA, J.E. Adubação potássica. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed.) **Cerrado: correção do solo e adubação.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p.169-182.

VRÂNCEANU, A. V. **El girassol**. Madri: Editora Mundi Prensa, 1977. 375p.

ZABIOLE, L.H.S.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A. & OLIVEIRA JÚNIOR, A. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. Viçosa, MG. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 34:425-433, 2010.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A. Mecanismos de ação do potássio na interação com doenças de plantas. In: ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A.; JÚNIOR, L. A. Z. (Ed.) **Efeito da nutrição mineral no controle de doenças de plantas**. Viçosa: Os autores, 2012. p.105-134.