

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E ZOOTECNIA
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

THEILON HENRIQUE DE JESUS MACÊDO

**CRESCIMENTO DE PLANTAS JOVENS DE *Eucalyptus urophylla* SOB DOIS REGIMES
HÍDRICOS E DIFERENTES DOSES DE FOSFATO**

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA
MAIO DE 2017

THEILON HENRIQUE DE JESUS MACÊDO

**CRESCIMENTO DE PLANTAS JOVENS DE *Eucalyptus urophylla* SOB DOIS REGIMES
HÍDRICOS E DIFERENTES DOSES DE FOSFATO**

Trabalho monográfico apresentado à disciplina Monografia II do curso de Engenharia Florestal para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Florestal pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo Araquém Ramos Cairo

**VITÓRIA DA CONQUISTA – BA
MAIO DE 2017**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E ZOOTECNIA
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Campus de Vitória da Conquista – BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: Crescimento de plantas jovens de *Eucalyptus urophylla* sob dois regimes hídricos e diferentes doses de fosfato campus experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, Vitória da Conquista – BA

Autor: Theilon Henrique de Jesus Macêdo

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de BACHAREL EM ENGENHARIA FLORESTAL, pela Banca Examinadora:

Prof. Dr. Paulo Araquém Ramos Cairo
Presidente

Prof. Dr. Joilson Silva Ferreira

Prof. Dr. Cristiano Tagliaferre

Data da realização: 24 de maio de 2017

UESB – *Campus* Vitória da Conquista, Estrada do Bem Querer, Km 04
Telefone: (077) 3424 – 8600
FAX: (077) 3423-7038 - CEP: 45083 – 900
E-mail: ccflorestal@uesb.br

*Aos meus pais, M^a do Alívio e Dilson;
À minha madrinha, Izani;
À minha família e amigos;*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo;

Agradeço aos meus pais, Maria e Dilson, por me apoiar nos momentos mais difíceis;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, pela oportunidade de realização do curso de Engenharia Florestal;

À toda minha família. Especialmente aos meus padrinhos, Antônio, Izani e Sofia; aos meus irmãos, Laiana, Paulo e Ana; às minhas tias Eli, Ormezinda, Sônia e Almerinda;

Ao Professor Dr. Paulo Cairo, pela orientação, apoio, confiança e amizade;

Aos professores Dr. Joílson Silva e Dr. Odair Lacerda, pela amizade, incentivo, oportunidades e ensinamentos;

Ao Prof. Dr. Carlos André e ao Lab. de Botânica da UESB pelo auxílio e pelos conhecimentos compartilhados;

À Leohana Martins e Igor Lopes, pela ajuda, apoio e amizade;

À Katielle, André e ao pessoal do laboratório de fisiologia vegetal pelo apoio;

Aos colegas da república e de Florestal, Bergo, Kaique, Tinoco e Vitor;

Ao Prof. Dr. Cristiano Tagliaferre, por ceder a casa de vegetação para realização do experimento;

À tia Carlete e Carol, por tornarem minha estadia em Conquista muito melhor;

À Ketty, Rafaela, Ricardo, Risério e Thay, pela amizade;

À Mery e Rita pelo companheirismo;

À Rielle pelo carinho, conselhos e amizade;

Aos meus professores que possibilitaram o cumprimento dessa etapa;

Aos meus colegas de classe pelo companheirismo;

À TECNOPLANT pela concessão das mudas;

Enfim, muito obrigado a todos que me ajudaram nessa jornada!

*Inteligência é a habilidade
de se adaptar às mudanças*
(Stephen Hawking)

RESUMO

MACÊDO, T.H.J. **Crescimento de plantas jovens de *Eucalyptus urophylla* sob dois regimes hídricos e diferentes doses de fosfato.** Vitória da Conquista – BA: UESB, 2017. 25p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Fitotecnia e Zootecnia).

O objetivo deste trabalho foi averiguar se a adubação fosfatada em doses acima do recomendado, antes do período de seca, pode aumentar a tolerância de plantas de *Eucalyptus urophylla* ao estresse hídrico. Assim, foi realizado experimento em estufa. As mudas foram distribuídas em vasos de 20 L, dispostos em DBC, com quatro blocos e quatro repetições, totalizando 48 plantas. O experimento foi em esquema fatorial 2x6, os tratamentos foram compostos por dois regimes hídricos e seis doses de fosfato. As plantas permaneceram por 149 dias em casa de vegetação sendo irrigadas igualmente. Então, suspendeu-se a irrigação de parte das plantas. As plantas permaneceram em campo por mais 17 dias até a ocorrência de sintomas do estresse. Com as mudas nos vasos, realizou-se medições de altura e teor relativo de água. As plantas foram retiradas dos vasos e seccionadas, registrando-se o comprimento das raízes. Assim, o material foi acondicionado em sacos e encaminhados para secagem em estufa de circulação de ar a $65^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ até peso constante. Seguidamente, foi feita a pesagem do material em balança de precisão. O aumento das doses promoveu o crescimento do sistema radicular, aumento da massa seca das plantas, manutenção do teor relativo de água sob restrição hídrica.

Palavras-chave: Estresse hídrico; adubação; nutrição mineral; produção vegetal.

ABSTRACT

MACÊDO, T.H.J. **Growth of young plants of *Eucalyptus urophylla* under two water regimes and different phosphate levels.** Vitoria da Conquista - BA: UESB, 2017. 25p. Monograph (Degree in Forestry, Department of Plant and Animal Science).

The objective of this work was to verify if phosphate fertilization in doses above the recommended one, before the drought period, can increase the tolerance of *Eucalyptus urophylla* plants to water stress. Thus, a greenhouse experiment was carried out. The seedlings were distributed in 20 L pots, arranged in DBC, with four blocks and four replications, totalizing 48 plants. The experiment was in a 2x6 factorial scheme, the treatments were composed of two water regimes and six doses of phosphorus. The plants remained for 149 days in a greenhouse and were also equally irrigated. Then, the irrigation of some of the plants was suspended. The plants remained in the field for another 17 days until the occurrence of stress symptoms. The plants still were in the vases when measurements of height and relative water content were carried out. Then the plants were removed from the vessels and sectioned, registering the length of the roots. Furthermore, the material was packed in bags and sent for drying in an air circulation oven at $65^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ until constant weight. Subsequently, the material was weighed in a precision scale. For the data analysis, the SISVAR program was used. The increase of the doses promoted the growth of the root system, increase of the dry mass of the plants, maintenance of the relative water content under water restriction.

Keywords: Water Stress; fertilizing; mineral nutrition; crop yields.

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| TABELA 1: Análise química de fertilidade do solo..... | 14 |
| TABELA 2: Doses de fosfato aplicadas por planta em cada tratamento..... | 155 |
| TABELA 3: Análise de variância e coeficientes de variação (CV) de mudas de <i>Eucalyptus urophylla</i> , clone AEC 144, cultivadas em vasos, submetidas a diferentes níveis de P, sob dois regimes hídricos..... | 166 |

LISTA DE IMAGENS

- FIGURA 1: Efeito de níveis de fosfato sobre o comprimento de raízes de *Eucalyptus urophylla* (AEC 144) cultivadas em casa de vegetação, sob regime hídrico não irrigado.177
- FIGURA 2: Comprimento das raízes de *Eucalyptus urophylla* (AEC 144) submetidas à dose testemunha (2A) e à dose de melhor desempenho – 433,6 mg.dm⁻³ de fosfato (2B)177
- FIGURA 3: Efeito de doses de fosfato sobre a comportamento da massa seca da parte aérea de plantas de *Eucalyptus urophylla* (clone AEC 144), cultivadas em casa de vegetação, submetidas a irrigação.18
- FIGURA 4: Efeito da aplicação de fosfato sobre a massa seca das raízes de plantas de *Eucalyptus urophylla* (clone AEC 144) submetidas à dois regimes hídricos.19
- FIGURA 5: Massa seca das raízes de plantas de *Eucalyptus urophylla* (clone AEC 144), cultivados em casa de vegetação, submetidos a diferentes doses de fosfato e a dois regimes hídricos.19
- FIGURA 6: Relação entre a massa seca da parte aérea/massa seca das de *Eucalyptus urophylla* (AEC 144), em casa de vegetação, sob diferentes doses de fosfato e dois regimes hídricos.....20
- FIGURA 7: Efeito da aplicação de fosfato sobre a relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes de *Eucalyptus urophylla* (AEC 144) sob dois regimes hídricos.....21
- FIGURA 8: Teor relativo de água de *Eucalyptus urophylla* (clone AEC 144) submetidas à diferentes doses de fosfato e dois regimes hídricos.21
- FIGURA 9: Comportamento do teor relativo de água de *Eucalyptus urophylla* (clone AEC 144), em casa de vegetação, sob aplicação de diferentes doses de fosfato e submetido a restrição hídrica.22

Sumário

| | |
|---|-----------|
| INTRODUÇÃO | 13 |
| MATERIAIS E MÉTODOS | 14 |
| <i>Aquisição das mudas e características do substrato</i> | <i>14</i> |
| <i>Plantio das mudas e avaliação do teor de umidade do solo</i> | <i>14</i> |
| <i>Delineamento experimental e tratamentos</i> | <i>15</i> |
| Variáveis analisadas | 15 |
| <i>Avaliações fisiológicas e fitotécnicas</i> | <i>15</i> |
| Análise estatística..... | 16 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 16 |
| <i>Altura total das plantas (Ht) e comprimento da raiz principal (CRP).....</i> | <i>17</i> |
| <i>Massa seca da parte aérea (MSPA)</i> | <i>17</i> |
| <i>Massa seca da raiz (MSR)</i> | <i>18</i> |
| <i>Relação massa da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR)</i> | <i>20</i> |
| <i>Teor relativo de água (TRA)</i> | <i>21</i> |
| CONCLUSÕES..... | 22 |
| REFERÊNCIAS | 23 |

INTRODUÇÃO

O eucalipto possui destaque no setor florestal brasileiro, sendo a principal fonte de matéria prima para a indústria de celulose e de carvão vegetal, caracterizando-se como um importante segmento para a balança comercial do Brasil. O país possui uma área de florestas plantadas de 7,8 milhões de hectares, em que os plantios de *Eucalyptus* detêm quase 72% desse total, além de ter a maior produtividade para essa espécie no mundo (IBÁ, 2016).

Os plantios de eucalipto são influenciados pelas condições ambientais da região onde se encontram, como a disponibilidade de água que, embora esta seja o componente mais abundante na natureza, é o fator limitante mais comum para o desenvolvimento das plantas (GARG et al., 2004; IMADI et al., 2016). Nas regiões áridas e semiáridas, a ocorrência, a frequência e a intensidade dos déficits de água constituem fatores limitantes à produção agrícola (HARB et al., 2010).

A água desempenha importantes funções no metabolismo vegetal, contribuindo para a absorção de minerais, é fonte de elétrons na fotossíntese, mantém a turgescência das células (diminuindo os efeitos das flutuações de temperatura) (FAQUIN, 2005; COELHO FILHO, 2011). Assim, a falta de água torna-se um complicador, pois interfere negativamente em vários processos morfológicos e fisiológicos, além do transporte e utilização interna de nutrientes nas plantas.

A existência de limitações dessa natureza durante o crescimento das plantas acaba por influenciar de forma negativa o desenvolvimento das florestas, onde a falta de água afeta o processo de fotossíntese (SIDDIQUE et al., 2016), o suprimento de dióxido de carbono, por causa do fechamento estomático (LIU et al., 2011), e a absorção de nutrientes (NAHAR; GRETZMACHER, 2000).

A chegada de íons inorgânicos até as folhas também é prejudicada, por conta da redução na transpiração limitar o transporte dentro do xilema (AHANGER et al., 2016). Desse modo, o surgimento de problemas de natureza nutricional pode estar relacionado à escassez de água (FREIRE et al., 2011), o que aponta para a existência de uma relação entre os déficits de umidade no solo e a aquisição de nutrientes pelas raízes (TRICKER et al., 2016).

Nesse contexto, pode-se destacar o fósforo (P), que se caracteriza como um elemento de pouca mobilidade e que tem seu suprimento para as raízes efetuado majoritariamente pelo processo de difusão – processo esse que é dependente do teor de umidade do solo e das características da superfície radicular (GAHOONIA et al., 1994). O fósforo é ainda um dos macronutrientes essenciais menos absorvido pelas plantas, sendo dependente de fatores como os atributos do solo e a morfologia e fisiologia do sistema radicular (HO et al., 2005; COSTA et al., 2006).

Mesmo que o seu conteúdo seja alto, o P é um elemento pouco disponível para as plantas nos solos das regiões tropicais, por estar firmemente ligado a componentes orgânicos e inorgânicos do solo (BLEVINS, 1999; AHANGER et al., 2016). Os solos tropicais, além de possuírem níveis críticos de P, têm grande capacidade de adsorção específica desse elemento, competindo com as raízes das plantas (SANDIM, 2012), o que leva a maiores gastos com adubação. Em regiões semiáridas, a mobilidade do fósforo é ainda mais afetada por conta da ocorrência de déficits hídricos no solo, que geram restrições ao processo difusivo (KANG et al., 2014).

O P desempenha diversas funções nas plantas, sendo componente de moléculas vitais para o funcionamento do organismo vegetal, como nucleotídeos, coenzimas e fosfolipídios, sendo um elemento central nas reações que envolvem trifosfato de adenosina (ATP), de modo que sem a presença dele não há os processos de respiração e fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O aumento da disponibilização de fósforo durante uma situação de estresse hídrico é importante, pois possibilita que a planta resista a essa condição por meio de adaptações fisiológicas e morfológicas, como maior partição de fotoassimilados para as raízes em relação à parte aérea, incrementa a eficiência no uso da água e aumenta a condutividade hidráulica das raízes (JIN et al., 2006; NAMUGWANYA et al., 2014).

A maior disponibilidade de fósforo, em condições de restrição hídrica, incrementa a sua absorção e concentração nos tecidos das plantas (JIN et al., 2006; GETACHEW, 2014), de modo que a maior presença de P nos tecidos vegetais tem efeito positivo sobre a taxa de assimilação de carbono, aumentando a síntese de ATP e, conseqüentemente, a produção de amido e sacarose (DICKSON, 1991; SAID-AL AHL et al., 2016). Assim, o amido armazenado pode ser metabolizado em glicose durante situações adversas quando a fotossíntese não é capaz de suprir as demandas energéticas para o crescimento das plantas (KUWAHARA et al., 2016), conferindo maior tolerância à restrição.

Al Karaki et al. (1996) verificaram que a maior disponibilidade de fósforo incrementa o conteúdo de prolina livre nos tecidos das plantas, promovendo ajustes no potencial osmótico. A ocorrência do ajuste osmótico é importante para minimizar os efeitos da restrição de água para as plantas, permitindo a manutenção do turgor celular sob regime hídrico restrito (KUWAHARA et al., 2016). Incrementos na aplicação de fósforo sob condições de escassez de água também são importantes por manter a estabilidade da membrana celular (PREMCHANDRA et al., 1990).

Esse trabalho buscou averiguar se a adubação fosfatada em doses acima do recomendado, antes do período de seca, pode aumentar a tolerância de plantas de *Eucalyptus urophylla* ao estresse hídrico.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), em Vitória da Conquista – BA, no período de outubro de 2016 a março de 2017. O local do experimento possui coordenadas geográficas de 14°53' 89" de latitude sul e 40°48' 25" de longitude oeste, com 879 m de altitude.

Aquisição das mudas e características do substrato

O clone escolhido foi o *Eucalyptus urophylla* AEC 144 pelo fato de ser um material genético de ampla utilização em plantios comerciais na região de Vitória da Conquista. As mudas foram produzidas em tubetes de modelo cônico de secção circular contendo seis frisos internos, com capacidade volumétrica de substrato de aproximadamente 50 cm³, sendo adquiridas, aos 95 dias de idade, junto à empresa Tecnoplant (Eunápolis-BA). O transporte das mudas de Eunápolis até o local de plantio foi feito em carro próprio da UESB. Após a chegada no local do experimento, as mudas passaram por um período de aclimação de 15 dias, até o momento do plantio.

O solo utilizado foi obtido a partir das imediações da UESB no *campus* de Vitória da Conquista a uma profundidade de 30 – 40 cm. Foi realizada análise química (Tabela 1) para determinação da demanda nutricional da cultura e da dose recomendada de fósforo a ser aplicada para a composição dos tratamentos.

De acordo com a análise do solo e as recomendações de Bellote e Neves (2001), foi feita a aplicação dos nutrientes no solo. Os cálculos foram feitos baseando-se na capacidade volumétrica dos vasos em comparação com a aplicação no campo (ha) em cova de 20 cm de profundidade. A adubação foi realizada nos vasos 32 dias antes do plantio das mudas.

A adubação foi realizada, em aplicação única, com nitrogênio (34,1 mg.dm⁻³ de Ureia – 30 Kg/ha de Nitrogênio), potássio (50,0 mg.dm⁻³ de Cloreto de Potássio – 60 Kg/ha de Potássio) e de fósforo (333,4 mg.dm⁻³ de Superfosfato Simples – 120 Kg/ha de Fósforo). A recomendação de fósforo serviu também com parâmetro para a definição dos tratamentos aplicados. Não houve a necessidade de correção da acidez do solo (RIBEIRO et al., 1999; BELLOTE; NEVES, 2001).

TABELA 1: Resultados da análise química de fertilidade do solo.

TABLE 1: Results of chemical analysis of soil fertility.

| pH | mg/dm ³ | cmol./dm ³ de solo | | | | | | | | % | | |
|--------------------|--------------------|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|------|-----|-----|----|---|--|
| | | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | H ⁺ | S.B. | t | T | V | M | |
| (H ₂ O) | P | | | | | | | | | | | |
| 5,6 | 3 | 0,19 | 1,7 | 0,7 | 0,1 | 1,9 | 2,6 | 2,7 | 4,6 | 56 | 4 | |

Plantio das mudas e avaliação do teor de umidade do solo

As mudas foram transplantadas, no dia 16 de outubro de 2016, para vasos plásticos com capacidade volumétrica de 20 L contendo o solo adubado previamente. Após o transplantio, as mudas permaneceram por um

período de, aproximadamente, cinco meses em casa de vegetação, sendo irrigadas periodicamente visando a manutenção umidade do solo e a assimilação dos tratamentos com a adubação fosfatada.

A avaliação do teor de umidade do solo foi realizada usando três vasos em separado que foram preenchidos com solo, o mesmo utilizado no experimento. Em um primeiro momento, adicionou-se água no solo dos vasos para a determinação da capacidade de campo, registrando-se o seu peso 48 horas depois. Após um período de 48 horas, pesou-se novamente os vasos. A diferença entre as pesagens foi usada para estabelecer a quantidade de água a ser aplicada nos vasos durante o experimento. A quantidade de água a ser aplicada foi 1,8L.

Delineamento experimental e tratamentos

Os tratamentos foram conduzidos em delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2x6, no qual os fatores foram os dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado) e seis doses de fosfato, com 4 blocos e 48 parcelas. Os tratamentos com adubo (Tabela 2), na forma de superfosfato simples, foram compostos por uma dosagem controle (quantidade recomendada) e cinco doses de fosfato acima do estipulado pela interpretação da análise química do solo. Para aplicação do regime hídrico não irrigado, metade dos vasos tiveram sua irrigação suspensa (24 vasos), enquanto que para o regime hídrico irrigado os vasos continuaram com sua irrigação normal. Cada parcela experimental foi constituída de uma planta, totalizando 12 tratamentos.

TABELA 2: Doses de fosfato aplicadas por planta em cada tratamento.

TABLE 2: Doses of phosphate applied per plant in each treatment.

| Tratamentos Fosfatados | Doses (mg.dm⁻³ de fosfato - SS) | % Acima do recomendado |
|-------------------------------|--|-------------------------------|
| T1 – Testemunha | 333,4 | - |
| T2 | 366,8 | 10 |
| T3 | 400,2 | 20 |
| T4 | 433,6 | 30 |
| T5 | 467,0 | 40 |
| T6 | 500,4 | 50 |

Em que: SS = Superfosfato Simples

Todas as plantas foram irrigadas igualmente durante 149 dias, desde o transplântio das mudas para os vasos até a suspensão da irrigação e a definição dos regimes hídricos. O encerramento do período de permanência das plantas nos vasos ocorreu quando as plantas apresentavam amarelecimento e queda acentuada das folhas.

A suspensão do fornecimento hídrico ocorreu de forma gradativa até a parada total da irrigação, visando um melhor acompanhamento dos sintomas e das possíveis respostas dos tratamentos. As plantas foram retiradas dos vasos 17 dias após a diminuição da disponibilidade de água, momento no qual as plantas apresentaram os sinais mais pronunciados do estresse. Assim, o experimento permaneceu em campo durante um período total de 166 dias.

Variáveis analisadas

Avaliações fisiológicas e fitotécnicas

Determinação do teor relativo de água (TRA): foi realizada utilizando um perfurador, em que foram retirados 10 discos de folhas fisiologicamente maduras coletadas na porção mediana da copa, registrando-se o peso desse material fresco (PF) em uma balança de precisão. Em seguida, os discos foram transferidos para placas de Petri, onde foram submersos por 24 horas em água deionizada, a fim de se obter o peso do material túrgido (PT). Posteriormente, os discos foram submetidos à secagem em estufa de circulação forçada de ar, sob temperatura de 65°C ± 3°C, durante 48 horas, para se obter o peso do material seco (PS). O teor relativo de água foi obtido de acordo com Weatherley (1950).

Altura total (Ht) das plantas: foi medida, utilizando-se uma trena graduada, aos 165 dias após o plantio (DAP) das mudas.

Comprimento da raiz principal (CRP): para retirada do sistema radicular dos vasos foi efetuada a lavagem das raízes com água e, seguidamente à limpeza do material, foram feitas medições de tamanho total das raízes estendidas, com uma fita métrica.

Massa seca da parte aérea (MSPA): as plantas foram seccionadas em parte aérea e parte radicular utilizando-se uma tesoura de poda. A parte aérea das plantas foi primeiramente acondicionada em sacos de papel e, então, levadas ao laboratório de Fisiologia Vegetal da UESB para secagem em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de $65^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, até atingir peso constante

Massa seca das raízes (MSR): Após as medições dos tamanhos das raízes, foi efetuado o acondicionamento das mesmas em sacos e levadas também para o laboratório. A secagem dos materiais foi realizada em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de $65^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, até atingir peso constante. Após o período de secagem, foram determinados, em separado, a massa seca da parte aérea e das raízes, com uma balança de precisão 0,001mg.

Relação massa seca parte aérea/massa seca raiz (MSPA/MSR): Foi determinada por meio da divisão entre a massa da parte aérea e a massa seca radicular.

Análise estatística

Os dados obtidos das avaliações foram submetidos às análises de homogeneidade (Teste de Bartlett) e normalidade (Teste de Lilliefors) das variâncias, como recomendado por Banzatto e Kronka (2006), utilizando o programa ASSISTAT 7.7 BETA (SILVA, 2008). Então, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias do fator doses de P foram ajustadas por equações de regressão, e as médias do regime hídrico foram comparadas pelo teste F ($p < 5\%$). Para análise dos dados, utilizou-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise estatística apontaram que ambos os fatores aplicados (os níveis de P e regimes hídricos) tiveram influência significativa, quando avaliados de forma isolada, sobre a massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, relação massa seca da parte aérea em massa seca radicular, teor relativo de água e comprimento da raiz principal. A interação entre os dois fatores também se mostrou significativa para a massa seca das raízes, para a relação entre a massa seca da parte aérea e massa seca das raízes e para o teor relativo de água, tornando necessária a realização desdobramento da interação para os parâmetros apontados na Tabela 3.

TABELA 3: Análise de variância e coeficientes de variação (CV) de mudas de *Eucalyptus urophylla*, clone AEC 144, cultivadas em vasos, submetidas a diferentes níveis de P, sob dois regimes hídricos.

TABLE 3: Variance analysis and coefficient of variation (CV) of *Eucalyptus urophylla*, clone AEC 144, cultivated in vases, submitted to different levels of P under two water regimes.

| FV | GL | Ht | Valores de F | | | | |
|-----------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | | MSPA | MSR | MSPA/MSR | TRA | CRP |
| Regimes hídricos (RH) | 1 | 0,905 ^{ns} | 739,114* | 175,529* | 123,71* | 1765,875* | 3,371 ^{ns} |
| Níveis de fosfato (P) | 5 | 0,806 ^{ns} | 5,518* | 19,259* | 12,654* | 5,057* | 3,322* |
| RH X P | 5 | 0,291 ^{ns} | 1,685 ^{ns} | 3,46* | 3,226* | 3,057* | 1,528 ^{ns} |
| Blocos | 3 | 0,764 ^{ns} | 0,827 ^{ns} | 3,114 ^{ns} | 0,661 ^{ns} | 3,343 ^{ns} | 2,274 ^{ns} |
| CV (%) | | 8,10 | 6,54 | 6,75 | 8,70 | 6,54 | 14,30 |

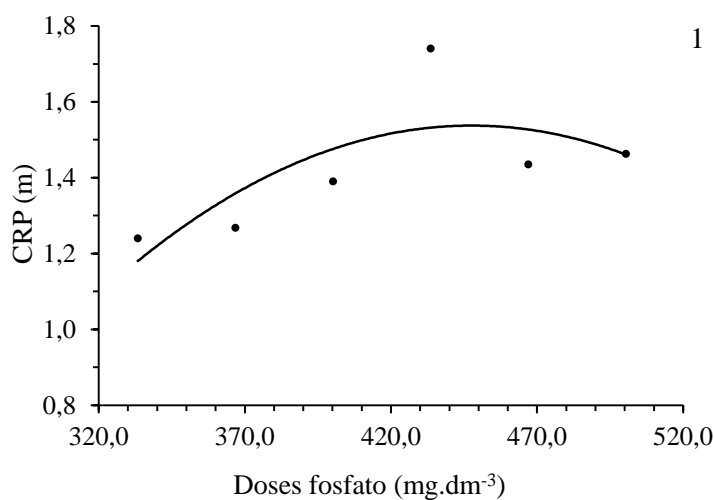
Em que: Ht = altura total planta, MSPA = massa seca de parte aérea; MSR = massa seca de raiz; MSPA/MSR = relação entre massa seca da parte aérea e massa seca da raiz; TRA = teor relativo de água; CRP = comprimento da raiz principal; (*) = significativo ($p < 0,05$) pela análise de variância; NS = não significativo pela análise de variância.

Altura total das plantas (Ht) e comprimento da raiz principal (CRP)

No que diz respeito à altura das plantas, não houve interação significativa entre os fatores. Nas condições testadas, também não ocorreram diferenças na altura das plantas entre os fatores, isoladamente (Tabela 3).

Referindo-se ao tamanho das raízes, não houve interação entre os fatores. Analisando-se isoladamente cada fator, os regimes hídricos não apresentaram diferenças no comprimento das raízes, mas esta variável foi influenciada significativamente pelos níveis de fosfato.

O desdobramento dentro do fator regimes hídricos apontou para a importância da aplicação de fósforo no crescimento radicular de plantas submetidas ao déficit hídrico, indicando que a adubação em maior quantidade foi capaz de aumentar o crescimento em comprimento das raízes sob restrições hídricas. As doses de fosfato dentro do regime não irrigado também apresentaram efeito quadrático (Figura 1), em que a aplicação de 449,07 mg.dm⁻³ de fosfato forneceu a maior média de comprimento radicular (1,551 m), tendo ganho de 12% em relação ao tratamento testemunha (Figura 2).



$$y = -0,000027x^2 + 0,02425x - 3,8938 \quad (R^2 = 0,56^*)$$



FIGURA 1: Efeito de níveis de fosfato sobre o comprimento de raízes de *Eucalyptus urophylla* (AEC 144) cultivadas em casa de vegetação, sob regime hídrico não irrigado.

FIGURA 2: Comprimento das raízes de *Eucalyptus urophylla* (AEC 144) submetidas à dose testemunha (2A) e à dose de melhor desempenho – 433,6 mg.dm⁻³ de fosfato (2B) .

FIGURE 1: Effect of phosphate levels on root length of *Eucalyptus urophylla* (AEC 144) cultivated in greenhouse conditions under non - irrigated water regime.

FIGURE 2: Length of roots of *Eucalyptus urophylla* (AEC 144) submitted to the control dose (2A) and to the best performance dose - 433,6 mg.dm⁻³ of phosphate (2B).

Saneoka et al. (1990), Crusciol et al. (2005) e Song et al. (2010) relataram a aumento no crescimento das raízes em função da disponibilidade de fósforo. A aplicação de fósforo leva a uma maior capacidade de exploração em volume, o que aumenta a superfície de absorção radicular e, conseqüentemente, maior captação de nutrientes do solo. O maior desenvolvimento das raízes em profundidade também favorece maior absorção de água (KUMAR; SINGH, 1997; GONÇALVES; PASSOS, 2000), reduzindo os efeitos do déficit hídrico.

A capacidade das plantas de aumentar o crescimento das raízes em profundidade é uma forma de manter os índices de crescimento e taxa fotossintética em condições de restrições hídricas, pelo fato dessas raízes permitirem o acesso a camadas inferiores do solo, onde o potencial hídrico é maior, favorecendo a absorção de água (LYNCH, 1995).

Massa seca da parte aérea (MSPA)

Em relação à massa seca de parte aérea, não houve interação significativa entre os fatores. Entretanto, os fatores exerceram, isoladamente, influências sobre essa variável (Tabela 3).

Essas diferenças entre os dois regimes hídricos podem ser explicadas pela senescência foliar, que leva a uma diminuição da área foliar, decorrentes do estresse hídrico ao qual parte das plantas foram submetidas, de modo a evitar perdas de água pelo processo de transpiração (GONÇALVES; PASSOS, 2000; LEÃO, 2006; SHAHZAD et al., 2016).

A diminuição da massa seca, decorrente da redução do crescimento das plantas, é uma medida adaptativa à situação de seca (ROLLINS, et al., 2013), em que a diminuição da superfície fotossintetizante e da massa seca como um todo pode ser considerada como o efeito mais sério decorrente as adaptações das plantas à falta de água (CHAVES, 1991).

O desdobramento das doses de fosfato dentro dos níveis de regime hídrico apontou para a significância da influência da adubação sobre a massa seca da parte aérea. Em condições irrigadas, a adubação apresentou comportamento quadrático, atingindo o maior valor (97,88 g) com 393,17 mg.dm⁻³ de fosfato (Figura 3).

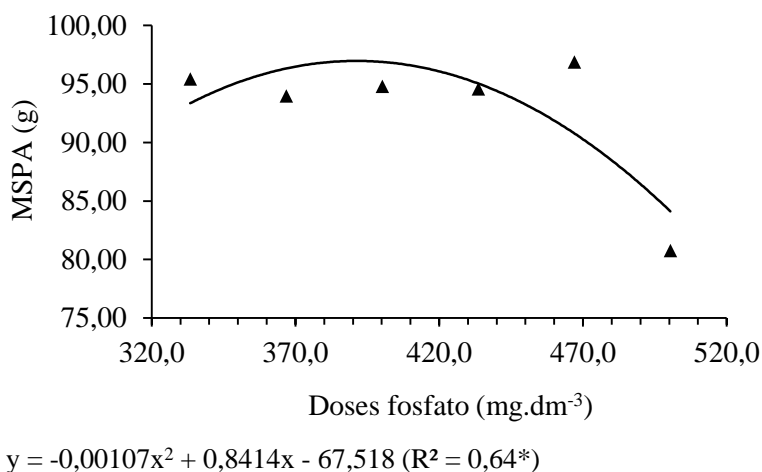


FIGURA 3: Efeito de doses de fosfato sobre a comportamento da massa seca da parte aérea de plantas de *Eucalyptus urophylla* (clone AEC 144), cultivadas em casa de vegetação, submetidas a irrigação.

FIGURE 3: Effect of phosphate doses on the dry mass of the aerial part of *Eucalyptus urophylla* plants (clone AEC 144) grown in greenhouse conditions under irrigation.

Graciano et al.(2006), avaliando o efeito da interação entre fertilização e estresse hídrico em *Eucalyptus grandis*, verificaram que a aplicação de fósforo aumentou a proporção de MSPA sob condições irrigadas, mas não apresentou nenhum efeito sobre as plantas condicionadas à falta de água, e que a alocação de massa seca para as folhas foi maior sob condições de maior disponibilidade de P. Segundo os mesmos autores, a relação entre o aumento da MSPA e as doses de fósforo pode ser atribuída à capacidade desse elemento incrementar o status nutricional das plantas, mesmo sob condições adversas. A resposta positiva do status nutricional ao incremento de fósforo pode ser atribuída a maior disponibilidade ATP para reações de fosforilação, responsáveis pela abertura de canais nas células da planta para à entrada de nutrientes (BLEVINS, 1999).

Al Karaki et al. (1995) também verificaram que o aumento na disponibilidade de P leva a maiores ganhos em massa seca da parte aérea das plantas. Esses autores afirmaram ainda que o aumento da massa seca por conta da maior disponibilidade de P pode ser explicado pelo incremento das taxas fotossintéticas associadas as maiores concentrações de fósforo nas folhas.

Massa seca da raiz (MSR)

De acordo com a análise de variância, houve interação significativa entre os fatores sobre a produção de massa seca das raízes. Essa variável também foi afetada pelos fatores, isoladamente (Tabela 3).

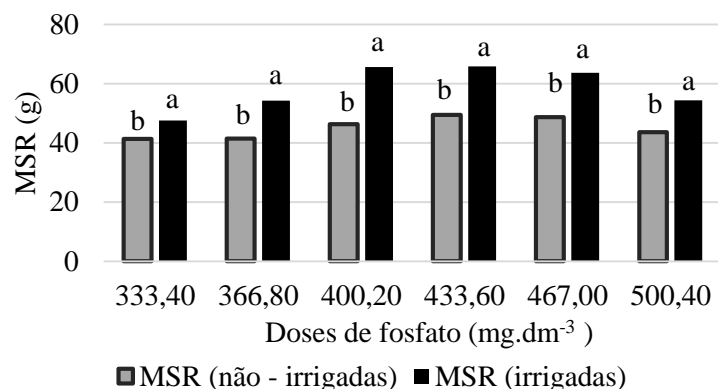


FIGURA 4: Efeito da aplicação de fosfato sobre a massa seca das raízes de plantas de *Eucalyptus urophylla* (clone AEC 144) submetidas à dois regimes hídricos.

FIGURE 4: Effect of phosphate application on root dry matter of *Eucalyptus urophylla* (clone AEC 144) roots submitted to two water regimes.

A baixa disponibilidade de água acaba por limitar o crescimento das raízes (COSTA E SILVA, 2004; FLEXAS et al., 2003) e o suprimento adequado de água promove maiores valores de biomassa (VELLINI et al., 2008).

O efeito das restrições hídricas sobre o crescimento radicular é um fator limitante ao desenvolvimento das plantas. O déficit hídrico promove diminuições da taxa fotossintética, podendo variar para diferentes espécies vegetais (SCALON et al., 2011), acarretando em limitações ao crescimento e perdas de produtividade pelas plantas. Não foi observada a maior tendência de crescimento radicular que comumente ocorre sob condição de baixa disponibilidade hídrica, caracterizada como uma adaptação à falta de água (IMADI et al. 2016; REIS, et al., 2006). Esse fato pode estar atribuído à maior disponibilidade de P ao qual as plantas foram submetidas, não tornando essa adaptação tão pronunciada. Deve-se ainda ser levado em conta a constante renovação do sistema radicular em ambientes de estresse hídrico, influenciando a matéria seca das raízes (XAVIER, 2010).

A aplicação de P teve efeito quadrático, tanto de forma isolada como na interação entre os fatores (Figura 5). No desdobramento dos níveis de P dentro dos regimes hídricos aplicados, os maiores valores de massa seca de raízes foram obtidos com 430,14 mg.dm⁻³, sob irrigação, e 438,42 mg.dm⁻³ de fosfato, sem irrigação.

A adubação com fósforo promoveu o aumento da matéria seca de raízes, independentemente do regime hídrico. A aplicação de fosfato em plantas irrigadas promoveu um aumento de 38,46% da massa seca da raiz em relação ao tratamento controle. Já as plantas não irrigadas apresentaram aumento de 16,36% da MSR em relação ao tratamento testemunha. As plantas não irrigadas apresentaram menor produção de matéria seca radicular em comparação com o regime irrigado. Ainda assim, a aplicação adicional de fosfato promoveu crescimento das raízes até a dose ótima de fosfato, ocorrendo o decréscimo de biomassa radicular a partir desse ponto.

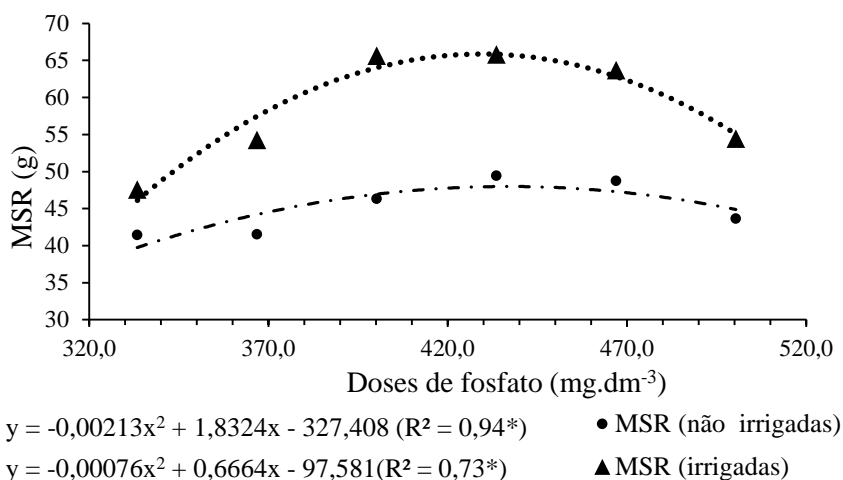


FIGURA 5: Massa seca das raízes de plantas de *Eucalyptus urophylla* (clone AEC 144), cultivados em casa de vegetação, submetidos a diferentes doses de fosfato e a dois regimes hídricos.

FIGURE 5: Dry mass of roots of *Eucalyptus urophylla* (clone AEC 144), grown under greenhouse conditions, submitted to different doses of phosphorus and to two water regimes.

A aplicação de fósforo possibilitou o aumento da produção de matéria seca das raízes, mesmo sob condições não ideais, apesar da adubação fosfatada em eucalipto se mostrar mais eficiente quando associada a situações adequadas de fornecimento de água (SONG et al., 2010), como apresentado pelas plantas submetidas ao tratamento irrigado. Alguns autores também observaram um aumento da matéria seca radicular em função do aumento na disponibilidade de fósforo em condições normais de suprimento hídrico (SCHUMACHER et al., 2003; CRUSCIOL et al., 2005; FIRMANO et al., 2009).

Ainda assim, maior crescimento radicular em condições de suprimento ideal de água pode ser de grande vantagem para regiões que passem por estações sazonais de falta de água, já que sistemas radiculares mais desenvolvidos possibilitam maior captação de recursos do solo durante a chegada do período de seca (AL KARAKI et al., 1995; HO et al., 2005), permitindo uma maior chance de sobrevivência das plantas no campo.

Relação massa da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR)

Para a relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR), verificou-se interação significativa entre os fatores e de forma isolada para cada fator (Tabela 3). Assim como os demais parâmetros avaliados, as plantas não irrigadas apresentaram menor relação MSPA/MSR (Figura 6). Esse decréscimo causado na produção de massa seca total pode ser atribuído as adaptações das plantas à restrição hídrica.

O desdobramento da interação permitiu concluir que a aplicação de fosfato teve desempenho quadrático sobre a relação MSPA/MSR em ambos os regimes hídricos. O aumento das doses de fosfato promoveu a maior partição de massa seca para as raízes em ambos os regimes de irrigação (Figura 7). Esses aumentos da partição de massa seca para as raízes em relação à parte aérea ocorreram até a dose de 446,51 e 436,67 mg.dm⁻³ de fosfato para o tratamento irrigado e não irrigado, respectivamente. A partir desse ponto o aumento das doses de fosfato não se mostrou eficaz.

A maior partição de matéria seca para as raízes é desejável quando as plantas estão sob restrição hídrica, pois incrementa a captação de água devido ao aumento da superfície radicular (SIDDIQUI et al., 2008). O maior acúmulo de massa seca nas raízes indica que a aplicação de P sob estresse hídrico favorece o crescimento radicular em relação à parte superior das plantas.

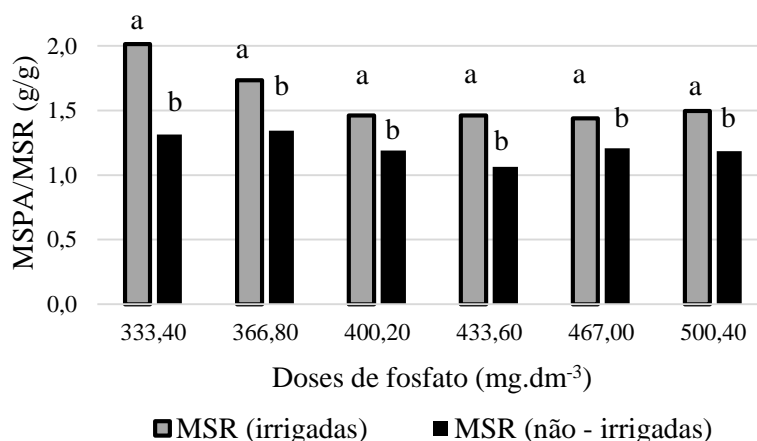


FIGURA 6: Relação entre a massa seca da parte aérea/massa seca das de *Eucalyptus urophylla* (AEC 144), em casa de vegetação, sob diferentes doses de fosfato e dois regimes hídricos.

FIGURE 6: The shoot mass/root mass ratio of *Eucalyptus urophylla* plants (AEC 144) in greenhouse conditions under different phosphate doses and two water regimes.

Isso pode ser atribuído a alguma medida adaptativa das plantas à condição de seca, visando a captação de recursos (SINGH et al., 1997; IMADI et al., 2016). Nota-se ainda que as plantas apresentarem sistema radicular mais desenvolvido sob condições de restrição hídrica, sendo esta uma tendência natural em situações de falta de água (KUWAHARA et al., 2016).

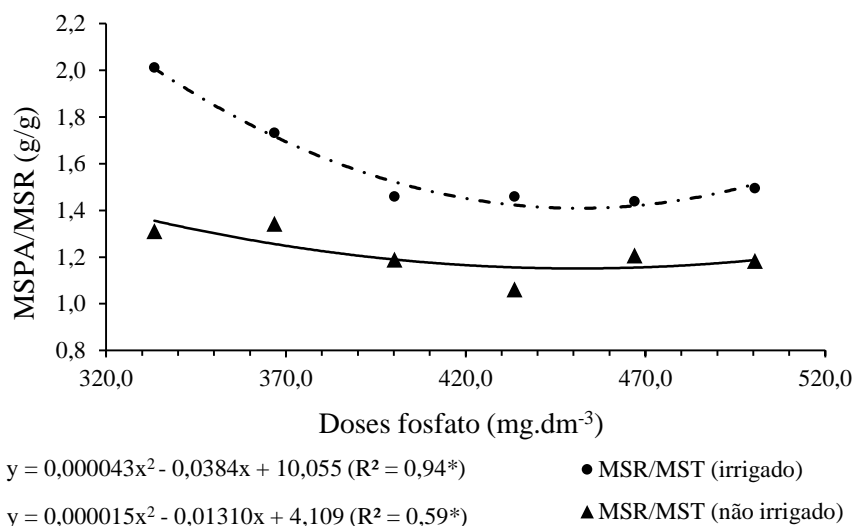


FIGURA 7: Efeito da aplicação de fosfato sobre a relação massa seca da parte aérea/massa seca das raízes de *Eucalyptus urophylla* (AEC 144) sob dois regimes hídricos.

FIGURE 7: The effect of phosphate application over shoot mass/root mass ratio of *Eucalyptus urophylla* plants (AEC 144) in greenhouse conditions under different phosphorus doses and two water regimes.

Teor relativo de água (TRA)

Em relação ao teor relativo de água, houveram efeitos significativos da interação entre as doses de P e os regimes hídricos, e cada fator ainda exerceu efeito de forma isolada. O comportamento do TRA de acordo com a disponibilidade de água é apresentado na Figura 8.

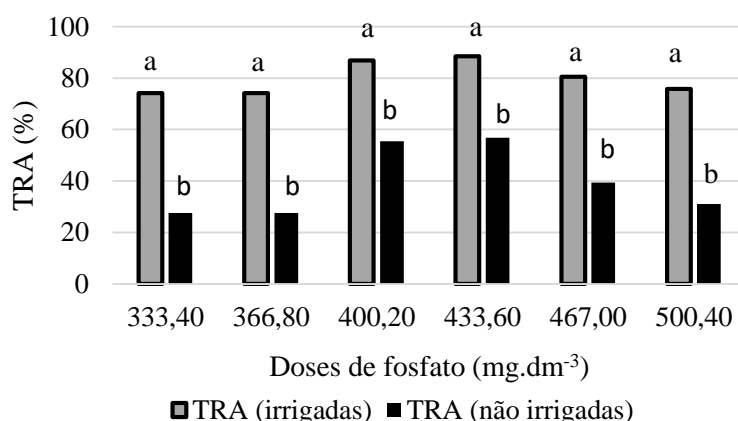


FIGURA 3: Teor relativo de água de *Eucalyptus urophylla* (clone AEC 144) submetidas à diferentes doses de fosfato e dois regimes hídricos.

FIGURE 9: Relative water content of *Eucalyptus urophylla* (clone AEC 144) submitted to different doses of phosphate and two water regimes.

O teor relativo de água foi influenciado pelos tratamentos hídricos, de modo que os tratamentos submetidos a condições ideais de irrigação tiveram desempenho superior àqueles sob restrição hídrica. Com base no desdobramento dos tratamentos fosfatados dentro dos regimes hídricos, observou-se efeito significativo apenas da interação níveis de P x regime não irrigado.

A adubação fosfatada promoveu aumentos significativos no TRA de forma quadrática, em que a dose ótima foi igual à 451,30 mg.dm⁻³ de fosfato. Aumentos na disponibilidade de P tiveram efeito positivo sobre o TRA, mantendo-o elevado sob situação de deficiência hídrica (Figura 9).

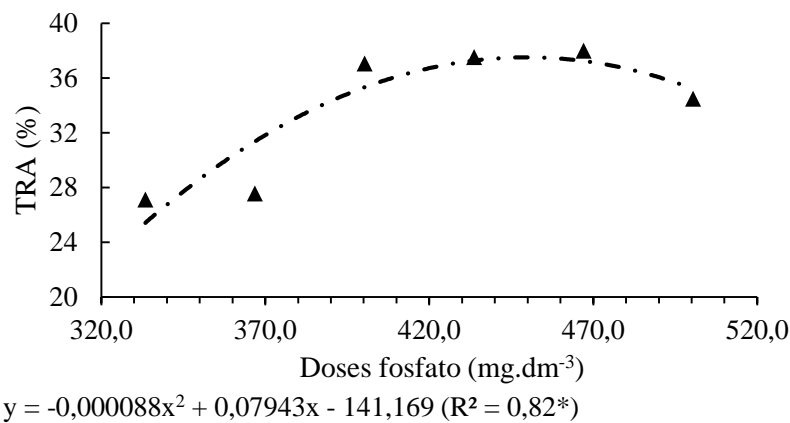


FIGURA 9: Comportamento do teor relativo de água (TRA) de *Eucalyptus urophylla* (clone AEC 144), em casa de vegetação, sob aplicação de diferentes doses de fosfato e submetido a restrição hídrica.

FIGURE 9: Proceeding of *Eucalyptus urophylla* (clone AEC 144) relative water content (RWC) in greenhouse under different phosphate doses and submitted to water restriction.

De maneira geral, o comportamento da aplicação da dose ótimas sobre o TRA foi em média 39,98% maior que o tratamento controle. Observa-se ainda a existência da relação entre as doses ótimas para a produção de massa seca das raízes, o comprimento da raiz principal e o teor relativo de água, indicando que o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, decorrente da maior disponibilidade de P, é capaz de promover a manutenção do conteúdo de água em condições de escassez de hídrica.

O efeito positivo causado pelo incremento em aplicação de P sob condição de escassez de água foi relatado por Garg et al. (2004), Singh et al. (2005) e Mieszkańska e Łukaszewska (2011). Segundo estes autores, maiores disponibilidades de fósforo, sob condições de seca, são capazes de incrementar a capacidade de captação de água pelas raízes, diminuir a resistência ao fluxo de água e conservar água nos tecidos das plantas.

CONCLUSÕES

A aplicação de doses de fósforo acima do recomendado não exerceu efeito sobre a altura total das plantas de *Eucalyptus urophylla*. No entanto, a maior disponibilidade de P teve efeito quadrático e promoveu maior crescimento em comprimento da raiz principal.

O aumento das doses de fósforo levou a maior produção de massa seca da parte aérea sob regime irrigado e maior produção de massa da raiz das plantas submetidas a ambos os regimes hídricos.

A maior disponibilidade de fósforo aumentou a partição de massa seca para as raízes das plantas, de modo geral, e promoveu a manutenção do teor relativo de água das folhas em regime hídrico não irrigado.

Os parâmetros avaliados comprimento da raiz principal, massa seca da raiz e teor relativo de água tiveram seu máximo de produtividade em uma faixa semelhante de doses de P (dose média de 445,8 mg/dm⁻³ de fósforo), indicando uma relação entre o desenvolvimento radicular e o conteúdo de água das plantas.

REFERÊNCIAS

- AHANGER, M. A et al. Plant growth under drought stress. IN: **Water Stress and Crop Plants: A Sustainable Approach**. vol. 2, (ed P. Ahmad); WILEY, J. and sons., Ltd, Chichester, p. 649-668. UK. 2016.
- AL-KARAKI, G. N.; CLARK, R. B.; SULLIVAN, C. Y. Effects of phosphorus and water stress levels on growth and phosphorus uptake of bean and sorghum cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia. v. 18, n. 3, p. 563-578, 1995.
- AL-KARAKI, G. N.; AL-KARAKI, R. B.; AL-KARAKI, C. Y. Phosphorus nutrition and water stress effects on proline accumulation in sorghum and bean. **Journal of Plant Physiology**, [s.l.], v. 148, n. 6, p. 745-751, 1996.
- BELLOTE, A. F. J.; NEVES, E. J. M. Calagem e adubação em espécies florestais plantadas na propriedade rural. Circular Técnica, 54. Colombo: **EMBRAPA Florestas**, 2001. 6 p.
- BLEVINS, D.G. Why plants need phosphorus. **Better Crops**, Norcross, v.83, n.2, p.29-30, 1999.
- CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford. v.42, p.1-16, 1991.
- COELHO FILHO, M.A. et al. Relação solo-planta-atmosfera. In: SOUSA, V. F. de; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e Fertirrigação em Fruteiras e Hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. 64 p.
- COSTA, J.P.V. et al. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande. v. 10, n. 4, p. 828-835, 2006.
- CRUSCIOL et al. Doses de fósforo e crescimento radicular de cultivares de arroz de terras altas. **Bragantia**, Campinas. v. 64, n. 04, p. 643-649, 2005.
- DICKSON, R. E. Assimilate distribution and storage. In: **Physiology of Trees**. RAGHAVENDRA, A.S. (Ed.), New York, NY: Wiley, J. 1991. p. 51-85.
- FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; STONE, L. F. Nutrição de fósforo na produção de feijoeiro. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., 2004, Piracicaba. **Anais...Piracicaba: POTAFOS**, 2004. p.435 -455.
- FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. 2005. 186 f. Dissertação (Especialização em Solos e Meio Ambiente) Curso de Pós-Graduação "Lato Sensu". Lavras: UFLA / FAEPE, 2005.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FREIRE, A.L.O.; LEÃO, D.A.S.; DE MIRANDA, J.R.P. Acúmulo de massa seca e de nutrientes em gliricídia em resposta ao estresse hídrico e a doses de fósforo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 19-26, 2012.
- GAHOONIA, T; RAZA, S.; NIELSEN, N.E. Phosphorus depletion in the rhizosphere as influenced by soil moisture. **Plant and Soil**, Wageningen. v. 159, n. 2, p. 213-218, 1994.
- GARG, B.K.; BURMAN, U.; KATHJU, S. The influence of phosphorus nutrition on the physiological response of moth bean genotypes to drought. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**. Weinheim. v. 167, n. 4, p. 503-508, 2004.
- GONÇALVES, M.R.; PASSOS, C.A.M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal**. Santa Maria. v.10, n. 2, 145-161p. 2000.
- GRACIANO, C. et al. Fertilization and water stress interactions in young *Eucalyptus grandis* plants. **Canadian journal of forest research**, v. 36, n. 4, p. 1028-1034, 2006.
- GRANT, C.A et al. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. Informações Agronômicas - **POTAFOS**, Piracicaba, 2001. 16 p.
- HARB, A. et al. Molecular and physiological analysis of drought stress in *Arabidopsis* reveals early responses leading to acclimation in plant growth. **Plant Physiology**, Waterbury. v. 154, n. 3, p. 1254-1271, ago. 2010.
- IBÁ - Instituto Brasileiro de Árvores. **Relatório Anual IBÁ**. 2016. Disponível em: http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf. Acesso em: 06 ago. 2016.
- IMADI, S. R. et al. Water stress In: **Water Stress and Crop Plants: A Sustainable Approach**. vol. 2. (ed P. Ahmad), WILEY, J. and sons., Ltd, Chichester, UK. 2016. p. 343-345.

- JIN, J. et al. Interaction between phosphorus nutrition and drought on grain yield, and assimilation of phosphorus and nitrogen in two soybean cultivars differing in protein concentration in grains. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia. v. 29: 1433–1449p. 2006.
- KANG, L; YUE, S; LI, S. Effects of phosphorus application in different soil layers on root growth, yield, and water-use efficiency of winter wheat grown under semi-arid conditions. **Journal of Integrative Agriculture** Beijing. v. 13, n. 9, p. 2028–2039. 2014.
- KUMAR, A.; SINGH, D. P. Use of physiological indices as a screening technique for drought tolerance in oilseed brassica species. **Annals of Botany**, Oxford, v. 81, n. 3, p. 413-420, 1998.
- KUWAHARA, F. A.; SOUZA, G. M. Fósforo como possível mitigador dos efeitos da deficiência hídrica sobre o crescimento e as trocas gasosas de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá v. 31, n. 2, p. 261-267, 2009.
- KUWAHARA, F.A. et al. Phosphorus as a mitigator of the effects of water stress on the growth and photosynthetic capacity of tropical C4 grasses. **Acta Scientiarum. Agronomy.**, Maringá, v. 38, n. 3, p. 363-370, 2016.
- LEÃO, D. A. S. **Estresse hídrico e adubação fosfatada no desenvolvimento inicial e na qualidade da forragem da gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.)**. Patos, 2006. 60p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Centro de Saúde e Tecnologia Rural, UFCG, Campina Grande. 2006.
- LEÃO, D.A.S.; FREIRE, A.L.O.; DE MIRANDA, J.R.P. Estado nutricional de sorgo cultivado sob estresse hídrico e adubação fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v. 41, n. 1, p. 74-79. 2011.
- LIU, C. et al. Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of southwestern China. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 71, n. 2, p. 174-183, 2011.
- LYNCH, J.P. Root architecture and plant productivity. **Plant Physiology**, Waterbury. v.109, p.7-13, 1995.
- MERCHANT, A.; CALLISTER, A. ARNDT, S.; TAUSZ, M.; ADAMS, M. Contrasting physiological response of six Eucalyptus species to water deficit. **Annals of Botany**, Oxford. v. 100, n. 7, p. 1507-1515, 2007.
- MIESZKALSKA, K.; ŁUKASZEWSKA, A. Effect of the silicon and phosphorus-containing fertilizer on geranium (*Pelargonium hortorum* LH Bailey) response to water stress. **Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus**, Warsaw. v. 10, n. 3, p. 113-121, 2011.
- NAMUGWANYA, M. et al. Development of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production under low soil phosphorus and drought in Sub-Saharan Africa: a review. **Journal of Sustainable Development**, Toronto v. 7, n. 5, p. 45-57. 2014.
- NAHAR, K.; GRETZMACHER, R. Effect of water stress on nutrient uptake, yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) under subtropical conditions. **Die Bodenkultur**, Berlin, v. 45, n. 53, p. 1, 2002.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399p.
- REIS, G.G. et al. Crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus* spp submetidos a dois regimes de irrigação no campo. **Revista Árvore**, Viçosa. v. 30, p.921-931, 2006.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG/ UFV, 1999. 359 p.
- ROLLINS, J. A. et al. Leaf proteome alterations in the context of physiological and morphological responses to drought and heat stress in barley (*Hordeum vulgare* L.). **Journal of Experimental Botany**, Oxford. v. 64, n. 11, p. 3201-3212. 2013.
- SAID-AL AHL, H.A.H.; MEHANNA, H.M.; RAMADAN, M.F. Impact of water regime and phosphorus fertilization and their interaction on the characteristics of rapeseed (*Brassica napus*) and fatty acid profile of extracted oil. **Communications in Biometry and Crop Science**, Warsaw v. 11, n. 1. p. 64–76, 2016.
- SANDIM, A.S. **Disponibilidade de Fósforo em Função da Aplicação de Calcário e Silicatos em Solos Oxídicos**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. Botucatu, 2012. 99p.
- SANEOKA, H.; FUJITA, K.; OGATA, S. Effect of phosphorus on drought tolerance in *Chloris gayana* Kunth and *Coix lacryma-jobi* L. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo. v. 36:2, 1990. 267-274 p.

- SCALON, S. P. Q. et al. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.
- SHAHZAD, M.A. et al. Drought stress and morphophysiological responses in plants. In: **Water Stress and Crop Plants: A Sustainable Approach**. vol. 2. (ed P. Ahmad), WILEY, J and Sons; Ltd, Chichester, UK.. 2016. p. 695 – 707
- SCHUMACHER, M. V.; CECONI, D. E.; SANTANA, C. A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de plantas de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo. n.47, p.99-114, 2003.
- SIDDIQUI, M. T. et al. / Effects of fertilization and water stress on *Eucalyptus camaldulensis* seedlings. **Journal of Tropical Forest Science**, Selangor. v. 3. n. 20. p. 205-210, 2008.
- SIDDIQUE, Z. et al. Drought stress and photosynthesis in plants. In: **Water Stress and Crop Plants: A Sustainable Approach** (ed P. Ahmad), Wiley J.and sons, Ltd, Chichester, UK. p. 1-9, 2016.
- SILVA, F. de A. S. E. **ASSISTAT versão 7.6 beta**. Grande-PB: Assistência Estatística, Departamento de Engenharia Agrícola do CTRN - Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina, 2008.
- SINGH, D.K.; SALE, P.W.G.; MCKENZIE, B.M. Water relations of white clover (*Trifolium repens* L.) in a drying soil, as a function of phosphorus supply and defoliation frequency. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne v. 48, n. 5, p. 675-682, 1997.
- SINGH, D.K.; SALE, P.W.G. Phosphorus supply and the growth of frequently defoliated white clover (*Trifolium repens* L.) in dry soil. **Plant and Soil**, Wageningen. v. 205, n. 2, p. 155-162, 1998.
- SINGH, V.; PALLAGHY, C. K.; SINGH, D. Phosphorus nutrition and tolerance of cotton to water stress: II. Water relations, free and bound water and leaf expansion rate. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 96, n. 2, p. 199-206, 2006.
- SONG, C.J. et al. Interactive effects of water, nitrogen and phosphorus on the growth, biomass partitioning and water-use efficiency of *Bauhinia faberi* seedlings. **Journal of Arid Environments**, [s.l.]. v. 74, n. 9, p. 1003-1012, 2010.
- TAIZ, L; ZEIGER, E. / **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 719p.
- TRICKER, P. J.; HAEFELE, S. M.; OKAMOTO, M. / The interaction of drought and nutrient stress in wheat. IN: **Water Stress and Crop Plants: A Sustainable Approach**. vol. 2. (ed P. Ahmad), WILEY, J and Sons; Ltd, Chichester, UK.. 2016. p. 695 – 707
- VELLINI et al. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32 n. 4, p.651-663, 2008.
- VILAR, C.C.; VILAR, F. C. M. Comportamento do fósforo em solo e planta. **Campo Digital: Revista das Ciências Exatas e da Terra**, Campo Mourão, v. 8, n. 2, p. 37 - 44, dez, 2013
- XAVIER, T. M. T. **Efeito da restrição hídrica sobre o crescimento de clones de eucalipto**. 2010. 80f. Dissertação. (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2010.
- WEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficit in leaves. **New Phytologist**, [s.l.], v. 49, p. 81-97, 1950.