UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

TALITA MIRANDA TEIXEIRA XAVIER

EFEITO DA RESTRIÇÃO HÍDRICA SOBRE O CRESCIMENTO DE CLONES DE EUCALIPTO

ALEGRE

2010

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

TALITA MIRANDA TEIXEIRA XAVIER

EFEITO DA RESTRIÇÃO HÍDRICA SOBRE O CRESCIMENTO DE CLONES DE EUCALIPTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Produção Vegetal, na área de Ecofisiologia do Desenvolvimento de Plantas.
Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane.

ALEGRE

2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Xavier, Talita Miranda Teixeira, 1987-
X3e Efeito da restrição hídrica sobre o crescimento de clones de eucalipto / Talita Miranda Teixeira Xavier. – 2010.
80 f. : il.

Orientador: José Eduardo Macedo Pezzopane.
Co-orientador: Ricardo Miguel Penchel Filho.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Eucalipto – Crescimento. 2. Eucalipto – Clones. 3. Eucalipto – Irrigação. I. Pezzopane, José Eduardo Macedo. II. Penchel Filho, Ricardo Miguel. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDU: 63

TALITA MIRANDA TEIXEIRA XAVIER

EFEITO DA RESTRIÇÃO HÍDRICA SOBRE O CRESCIEMTNO DE CLONES DE EUCALIPTO

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências de Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 05 de março de 2010

COMISSÃO EXAMINADORA:

_____
Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane
Centro de Ciências Agrárias – UFES
Orientador

_____
Dr. Ricardo Miguel Penchel Filho
Centro de Tecnologia – FIBRIA CELULOSE
Co-orientador

_____
Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis
Centro de Ciências Agrárias – UFES

_____
Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva
Centro de Ciências Agrárias – UFES

Dedico a Deus pela força concedida;

Aos meus pais Izabel e José Luiz, pela vida, amor incondicional, pelo incentivo e esforço para que eu completasse minha jornada;

A minha irmã Graziane pelo apoio;

A minha família que me acolheu de braços abertos;

Ao meu namorado Alex, pela compreensão.

A todos que foram importantes no incentivo desse trabalho e compreenderam minha ausência.

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

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus pela sua presença constante em minha vida, pelo auxílio nas minhas escolhas e conforto nas horas difíceis e por me conceder esse sonho e que hoje tenho mais uma etapa de minha vida concluída;

A minha família, em especial meus pais, irmã e tios, alicerces da minha vida;

Ao meu namorado Alex, pelo amor, paciência nos meus “maus” momentos, compreensão e apoio, Amo você demais! Graças a sua presença foi mais fácil transpor os dias de desânimo e cansaço!

Ao meu orientador Professor Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane, pelos importantes ensinamentos, pelo apoio, incentivo, paciência e compreensão. O meu reconhecimento, e muito obrigada pelos valiosos ensinamentos transmitidos, por acreditar na minha capacidade e pela amizade construída durante todo este período;

Aos órgãos financiadores da pesquisa REUNI (Reestruturação e Expansão das Universidades Federais) pela bolsa de estudos durante um ano e, Fibria pela doação das mudas e pelo apoio financeiro durante 5 meses;

Aos meus co-orientadores Professor Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira e o Pesquisador Dr. Ricardo Miguel Penchel (Fibria Celulose S.A.) que colaboraram de forma significativa e indispensável com este trabalho, pela paciência e disponibilidade;

Ao professor Dr. Edvaldo Fialho dos Reis, que me auxiliou em todas as fases do desenvolvimento dessa pesquisa e principalmente na avaliação dos dados; auxílio na execução das análises estatísticas e presença na banca examinadora;

Aos professores da UFES Dr. Roberto Avelino Cecílio e Dr. Gilson Fernandes da Silva pela colaboração;

Ao pesquisador da Embrapa Dr. José Ricardo Macedo Pezzopane pelos ensinamentos e constante ajuda durante todo o trabalho;

A professora Dr. Elzimar de Oliveira Gonçalves pela amizade e pela contribuição;

Ao Programa de Pós-Graduação do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), pela oportunidade concedida;

À secretária da Pós-Graduação Madalena Caetano Capucho de Oliveira, pela amizade, paciência, pelas informações e trabalhos prestados;

Aos queridos amigos Tatiana, Ester, Paula, Natiélia, Janaina, Soninha e Flávio pela amizade e pelo apoio;

Aos amigos João Vitor, Valéria, Rafaella, Vinicius, Rômulo, Leandro e Eduardo pela ajuda nos momentos mais difíceis;

Aos funcionários do NEDTEC Alvacir, Calebe e Elecir que sempre me socorreram nas horas difíceis da execução dos experimentos;

Aos analistas de campo do Centro de Tecnologia da Fibria Celulose S.A Júlio, Jurandi e ao Engenheiro Agrônomo Eduardo Henrique Vieira;

A Maria Christina pela construção das curvas de retenção de água no solo;

Ao professor Dr. Carlos Alberto Martinez da Faculdade de Filosofia Ciência e Letras da USP, pelos valiosos ensinamentos;

Aos Mestres que me ensinaram cada um com sua maneira de lecionar, contribuindo para meu crescimento profissional;

Enfim, a todas as pessoas que fizeram parte dessa trajetória e de alguma maneira contribuíram para a execução desse trabalho, seja pela ajuda constante ou por uma palavra de amizade. A todos que torceram pela minha conquista e as que acreditaram no meu potencial deixo meus sinceros agradecimentos.

Muito Obrigada!

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Análise química do solo das duas Épocas experimentais 36

Tabela 2- Análise física do solo das duas Épocas experimentais 36

Tabela 3 - Valores médios de temperatura média, mínima e máxima, radiação solar PAR e déficit de pressão de vapor (DPV), de cada mês para a Época 1 (Fevereiro a Junho de 2009) e Época 2 (Julho a Novembro de 2009) e a média mensal das épocas.....43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Detalhe do vaso de 100 dm³ 34

Figura 2- Aspecto geral do experimento com clones de eucalipto do híbrido *E. grandis x E. urophylla*., em Jerônimo Monteiro, ES. 34

Figura 3 - Esquema mostrando os níveis dos manejos hídricos durante todo o período experimental. 37

Figura 4 - Temperatura média, máxima e mínima em função do tempo de experimento para as duas épocas experimentais (Época 1 de Fevereiro a Junho de 2009 e Época 2 de Julho a Novembro de 2009). 44

Figura 5 - Radiação solar PAR, Déficit de pressão de vapor (DPV) e Evapotranspiração potencial em função do tempo de experimento para as duas épocas experimentais (Época 1 de Fevereiro a Junho de 2009 e Época 2 de Julho a Novembro de 2009). 45

Figura 6- Armazenamento de água no solo na Época 1 sob diferentes déficits hídricos, (Do) - sem déficit, (D1) - déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3 durante a Época 1 (Fevereiro a Junho de 2009).. 46

Figura 7- Precipitação Pluviométrica diária durante a Época 1 (Fevereiro a Junho de 2009) medidas na estação meteorológica automática. 47

Figura 8 - Armazenamento de água no solo na Época 2 (Julho a Novembro) sob diferentes déficits hídricos, (Do) - sem déficit, (D1) - déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3 durante a Época 2 (Julho a Novembro de 2009).....48

Figura 9 - Precipitação Pluviométrica diária durante a Época 2 (Julho a Novembro de 2009) medidas na estação meteorológica automática.. 48

Figura 10 - Matéria seca total, matéria seca de folhas e matéria seca de raiz das plantas do clone 1 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do - sem déficit, (D1) -déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009. Sendo que na coluna A foi avaliado o

efeito da Época agrupando as médias do déficit hídrico e na coluna B foi avaliado o efeito dos déficits hídricos agrupando as médias das épocas.....51

Figura 11 - Matéria seca total de haste e ramos das plantas do clone 1 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do- sem déficit, (D1) - déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009.....53

Figura 12 - Incremento mensal da matéria seca total das plantas do clone 1 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficit hídrico, Do - sem déficit, (D1) - déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009.....54

Figura 13 - Matéria seca (%) de folhas, haste e ramos, e raiz das plantas do clone 1 de eucalipto, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009, sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do - sem déficit, (D1) - déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3, no final do experimento.....56

Figura 14 - Área foliar das plantas do clone 1 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do - sem déficit, (D1) - déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009. 57

Figura 15 - Número de folhas das plantas do clone 1 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do - sem déficit, (D1) - déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009. 58

Figura 16 - Altura das plantas do clone 1 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do - sem déficit, (D1) - déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009. 60

Figura 17 - Diâmetro do coleto a 5 cm do substrato das plantas do clone 1 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do - sem déficit, (D1) - déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009. 61

Figura 18 - Matéria seca total, matéria seca de folhas, matéria seca de haste e ramos e matéria seca de raiz das plantas do clone 1 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do - sem déficit, (D1) -déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009. Sendo que na coluna A foi avaliado o efeito da Época agrupando as médias do déficit hídrico e na coluna B foi avaliado o efeito dos déficits hídricos agrupando as médias das épocas. 63

Figura 19 - Incremento mensal da matéria seca total das plantas do clone 2 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do- sem déficit, (D1)-déficit 1, (D2)-déficit 2, (D3) déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009. 65

Figura 20 - Matéria seca (%) de folhas, haste e ramos, e raiz das plantas do clone 2 de eucalipto, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009, sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do- sem déficit, (D1)-déficit 1, (D2)-déficit 2, (D3) déficit 3, no final do experimento.. 67

Figura 21- Área foliar das plantas do clone 2 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do- sem déficit, (D1)-déficit 1, (D2)-déficit 2, (D3) déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009.. 68

Figura 22 - Número de folhas das plantas do clone 2 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do- sem déficit, (D1)-déficit 1, (D2)-déficit 2, (D3) déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais

(Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009.. 69

Figura 23 - Altura das plantas do clone 2 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do- sem déficit, (D1)-déficit 1, (D2)-déficit 2, (D3) déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009.. 70

Figura 24 - Diâmetro do coleto a 5 cm do substrato das plantas do clone 2 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do- sem déficit, (D1)-déficit 1, (D2)-déficit 2, (D3) déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009.....71

LISTA DE SIGLAS

NEDTEC - Núcleo de Estudos e Difusão de Tecnologia em Florestas, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável

CCA-UFES - Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

BRACELPA - Associação Brasileira de Celulose e Papel

ABA - Ácido Abscísico

LVAd- Latossolo Vermelho Amarelo distrófico

LAFARSOL - Laboratório de Análises de Fertilizantes, Águas, Minérios, Resíduos, Solos e Plantas

RFA ou PAR - Radiação Fotossintética Ativa

DPV - Déficit de pressão de vapor do ar

es - pressão de saturação de vapor d' água

ea- pressão parcial de vapor

CC - capacidade de campo

PMP – ponto de murcha permanente

IRN - Irrigação real necessária

Ua - umidade atual do solo

Ds - densidade do solo

Z - profundidade do sistema radicular

ITN - Irrigação total necessária

Ea - Eficiência de aplicação da irrigação

n - número de gotejadores;

q - vazão dos gotejadores

BHC - Balanço hídrico climatológico

CTA – Capacidade Total Armazenada

CAD - Capacidade de Água Disponível

RESUMO

Como o estabelecimento e o crescimento inicial de espécies florestais no campo são fortemente afetados pela disponibilidade de água no solo e pela época de plantio, o presente trabalho teve como objetivo estudar o impacto do déficit hídrico no crescimento de mudas de dois clones do híbrido *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla*, ambos submetidos a 4 níveis de déficit hídrico em duas épocas de plantio. O estudo foi realizado na área experimental do Núcleo de Estudos e Difusão de Tecnologia em Florestas, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável (NEDTEC), do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), localizado no município de Jerônimo Monteiro. O trabalho foi realizado em duas épocas distintas, sendo a primeira no período de 09 de Fevereiro a 09 de Junho de 2009 e a segunda no período de 11 de Julho a 07 de Novembro, visando à realização das observações em diferentes condições de regime de radiação, déficit de pressão do vapor do ar, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso em parcelas subdivididas 2 x 4, alocando-se os 4 níveis de déficits hídricos na parcela principal e as 2 épocas nas subparcelas, com três repetições. Os manejos hídricos aplicados foram: Déficit 0 (D0) sem déficit, Déficit 1(D1) corte da irrigação aos 30 dias de experimentação, permanecendo até o final do experimento, Déficit 2 (D2) corte da irrigação aos 30 dias de experimentação, suspensão da irrigação por 60 dias e posterior retomada da irrigação por mais 30 dias; Déficit 3 (D3) corte da irrigação aos 60 dias de experimentação, prolongando até o final do experimento. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, e quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de média Tukey ao nível 5% de probabilidade para cada clone estudado. Com esse trabalho foi possível avaliar o impacto de diferentes déficits hídricos, no crescimento inicial das plantas, em duas épocas do ano e avaliar o incremento no desenvolvimento das plantas durante a aplicação dos tratamentos com retiradas de amostras médias de cada tratamento a cada 30 dias. As variáveis medidas nos dois experimentos foram: altura total da planta, diâmetro ao nível do coleto, número de folhas, área foliar, matéria seca de folhas, matéria seca de haste e ramos, matéria seca de raízes e matéria seca total.

Foram avaliadas as variáveis climáticas durante todo o período experimental, nas duas épocas a fim de determinar a condição do clima em cada época. Para os dois clones estudados de modo geral, os déficits hídricos promoveram a redução das variáveis morfológicas estudadas e a época experimental foi o fator que mais influenciou a redução do crescimento das plantas. Sendo que a Época 1 foi a que proporcionou resultados superiores, e a Época 2 foi a que prejudicou mais o desenvolvimento das plantas reduzindo significativamente todas as variáveis morfológicas em todos os déficits hídricos, inclusive o D0.

Palavras-chave: Variáveis climáticas. Déficit hídrico. Incremento. Biomassa.

ABSTRACT

As the establishment and early growth of forest species in the field are strongly affected by the availability of soil water and planting season, this work was to study the impact of water stress on growth of seedlings of two clones hybrid of Eucalyptus grandis vs Eucalyptus urophylla, both subjected to 4 levels of water deficit at two planting dates. The study was conducted in the Experimental area the Center for Research and Dissemination of Technology in Forestry, Water Resources and Sustainable Agriculture (NEDTEC), the Center for Agrarian Sciences, Federal University of Espírito Santo (CCA-UFES), located in the city of Jerônimo Monteiro. The study was conducted in two periods, the first being the period of 09 February to 09 June 2009 and the second the period 11 July to 07 November, for the realization of the observations in different conditions of radiation regime, vapor pressure of the steam air temperature, relative humidity and wind speed. The experimental design was a random split plot 2 x 4, allocating the 4 levels of water deficits in the main plots and subplots 2 times, with three replications. The water management strategies were applied: Deficit 0 (D0) no deficit, Deficit 1 (D1) cut irrigation at 30 days of experiment, remaining until the end of the experiment, Deficit 2 (D2) cut irrigation at 30 days of experiment, suspension irrigation for 60 days and subsequent resumption of irrigation for 30 days; Deficit 3 (D3) cut irrigation at 60 days of experiment, continuing until the end of the experiment. The experimental data were subjected to analysis of variance and when significant, the means were compared using the Tukey average at 5% probability for each clone. With this study was possible to assess the impact of different levels of soil water deficit in the initial growth of plants in two seasons and assess the increase in plant development during treatment application with samples taken from averages of each deficit every 30 days. The variables measured in both experiments were: total plant height, diameter at the stem, number of leaves, leaf area, dry leaves, dry stem and branches, root dry matter and total dry weight. Were evaluated climatic variables throughout the experimental period, the two periods to determine the condition of the weather in each season. For the two clones in general, water deficits promoted the reduction of the morphological variables studied and the experimental time was the factor that most influenced the reduction of plant growth.

The season 1 was the one that provided superior results, and season 2 was the most adversely affected plant growth significantly reducing all morphological deficits in all water, including the D0.

Keywords: Climatic variables. Water deficit. Increment. Biomass.

SUMÁRIO

RESUMO..... 8

ABSTRACT..... 10

1. INTRODUÇÃO 21

2. REVISÃO DE LITERATURA 24

2.1 O Eucalipto..... 24

2.2 Estresse vegetal..... 25

2.3 Água na planta 26

2.4 Estresse Hídrico 27

2.4.1 Ácido Abscísico (ABA)..... 28

2.5 Balanço Hídrico 29

2.6 Variáveis climáticas..... 30

3. MATERIAL E MÉTODOS 33

3.1 Material vegetal e características do local de estudo 33

3.2 Instalação do experimento e delineamento experimental..... 35

3.3 Descrição das características avaliadas..... 37

3.3.1 Características microclimáticas 37

3.3.2 Características de crescimento 38

3.3.3. Água disponível e lâmina de irrigação..... 39

3.3.4 Armazenamento de água no solo..... 41

4. RESULTADO E DISCUSSÃO 42

4.1 Caracterização climática e do armazenamento de água no solo durante as duas épocas experimentais..... 42

4.2 Caracterização do crescimento e produção individual de cada clone de eucalipto na fase final do experimento 49

4.2.1 Clone 1 49

4.2.2 Clone 2 61

5. CONCLUSÕES 72

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 73

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas previstas para o final do Século XXI afetam diretamente os biomas brasileiros bem como a produção vegetal, como mostram os trabalhos de Nobre (2005). Baseando-se nas previsões do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) e utilizando modelos de escala regional, Marengo (2007), mostra uma previsão preocupante para a Região Sudeste do Brasil com a intensificação de secas. Evangelista (2006), simulando o impacto das mudanças climáticas no sul da Bahia e norte do Espírito Santo, mostra redução de até 40% na produtividade do eucalipto.

Sabe-se que na natureza os fatores ambientais exercem uma grande influência sobre os vegetais. Elementos como, radiação solar, umidade relativa do ar, temperatura do ar e precipitação descrevem as condições climáticas de uma região apta ou não ao cultivo de determinada espécie vegetal (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Diante disso, muitos estudos têm sido realizados com o objetivo de avaliar os efeitos dos fatores ambientais sobre a produção de biomassa em florestas plantadas de eucalipto (GONÇALVES; PASSOS, 2000; LI et al., 2000; CHAVES, 2001; LANE et al., 2004). Estes tipos de pesquisas são de grande importância, pois permitem o conhecimento dos efeitos das variáveis climáticas locais sobre o crescimento das plantas.

A água tem importância fundamental no desenvolvimento dos vegetais, e um papel fundamental no processo fotossintético (MARTINEZ, 2001). O déficit hídrico, portanto, significa um período sem acréscimo hídrico durante o qual o conteúdo de água no solo é reduzido, de forma que as planta sofrem com a ausência de água (LARCHER, 2006) causando alterações no comportamento e desenvolvimento vegetal cuja irreversibilidade vai depender do genótipo, da duração do evento de restrição hídrica, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (SANTOS; CARLESSO, 1998).

O fornecimento de água às plantas é fortemente influenciado pela habilidade da cultura em utilizar a água armazenada no solo, enquanto que a demanda atmosférica, por outro lado, está relacionada à combinação dos fatores meteorológicos que interagem com a parte aérea da cultura (CARLESSO, 1995). O transporte de água no sistema solo-planta-atmosfera pode variar amplamente com a época do ano, espécie e horário do dia, sendo menor na época seca e ao meio dia quando a transpiração é mais intensa (MARENCO; LOPES, 2007).

O eucalipto é uma planta com uma grande diversidade de espécies que apresentam várias características favoráveis a sua implantação, e no Brasil várias espécies tiveram uma excelente adaptação em vários tipos de solo e clima. No Estado do Espírito Santo algumas espécies são cultivadas, alcançando altas produtividades e as florestas plantadas de eucalipto são as mais produtivas, apresentando altas taxas de crescimento e ciclo curto o que garante retorno econômico.

No entanto, em algumas regiões do Espírito Santo o cultivo da espécie enfrenta alguns problemas, em especial na fase inicial do crescimento, devido à deficiência hídrica em função de altas demandas evaporativas e reduzidos valores de precipitação pluvial (TATAGIBA, 2006). Trabalhos recentes como o de Lopes (2009) e Evangelista (2006), comprovam essa influência negativa da deficiência hídrica encontrada nas áreas de plantio, relacionadas com as condições climáticas.

Frequentemente plantios são realizados em locais com alta demanda atmosférica e com índices de precipitação anual escasso e irregular, o que compromete o sucesso do povoamento e da produtividade. Portanto, há uma necessidade de estudos que visem buscar respostas quanto a resistência de espécies e clones de eucalipto implantados nessas condições visando selecionar materiais genéticos mais tolerantes, já que os riscos de insucesso são elevados.

Diante do exposto, os estudos sobre a influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial das mudas de eucalipto devem ser intensificados devido às comprovações que a restrição hídrica limita o crescimento vegetal, a área foliar, a produção de matéria seca além de ocasionar a abscisão foliar, e principalmente o fechamento dos estômatos. Porém poucos englobam a influência de épocas de plantio sob condições climáticas distintas, com a resistência ao estresse hídrico.

Neste sentido este estudo teve como objetivo avaliar a influência do déficit hídrico, sobre o crescimento inicial de dois clones de eucalipto, avaliando o desenvolvimento das mudas em duas épocas do ano sob diferentes condições climáticas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Eucalipto

Planta do gênero das Mirtáceas, nativa da Austrália e cultivada em diversos países, o eucalipto ocupa área de floresta plantada maior do que qualquer outra árvore nativa ou exótica no Brasil (HASSE, 2006). Suas características de rápido crescimento, produtividade, grande diversidade de espécies, ampla capacidade de adaptação e a vasta aplicação para diversas finalidades vêm tornando-o um gênero viável economicamente, pois permite uma maior produtividade (MORA; GARCIA, 2000). E como seria esperado, por se tratar de um gênero difundido de cerca de 700 espécies de eucalipto, cultivadas sob diferentes condições ambientais, estas apresentam variação morfológica considerável, e a complexidade das respostas ecofisiológicas aos estímulos do ambiente, no entanto, foi investigada por apenas um pequeno número de espécies (BELL; WILLIAMS, 1997).

Durante a década de 70, a espécie *Eucalyptus grandis* foi reconhecida como a mais produtiva e contendo características desejadas para a produção de celulose. Ao mesmo tempo no Espírito Santo as árvores apresentavam uma doença que atacava o tronco do eucalipto denominado cancro do eucalipto (causada pelo fungo *Cryphonectria cubensis*), provocando a redução do número de árvores por hectare na época do corte. Então as empresas do setor introduziram várias procedências de *Eucalyptus urophylla*, espécie que apresentou resistência natural ao fungo, porém, mesmo com grande variabilidade genética dessa espécie, varias empresas do setor de celulose investiram na produção de híbridos, sendo que o híbrido de *Eucalyptus grandis* vs *Eucalyptus urophylla*, produzido pela Aracruz Celulose S. A, destacou-se comercialmente dos demais (MORA; GARCIA, 2000). O ataque de formigas também foi um dos motivos prioritários para que a empresa buscasse novos híbridos (HASSE, 2006).

Segundo a Bracelpa - Associação Brasileira de Celulose e Papel (2009), o Brasil atualmente é considerado o maior produtor mundial de celulose de eucalipto e a procura por matéria-prima no setor de celulose vem aumentando consideravelmente

nos últimos anos. E a escolha de espécies de eucalipto aptas para o plantio no Brasil tem se baseado, primeiramente, em critérios climáticos e embora o clima seja o fator que define a ocorrência das espécies, uma mesma espécie pode ser encontrada em mais de um local com condições climáticas distintas e com exigências de água e nutrientes bem diferenciadas, inferindo em respostas distintas quando ao crescimento (BARROS *et al*., 1990).

2.2 Estresse Ambiental

O termo estresse ambiental geralmente tem sido utilizado para descrever o impacto de condições adversas ou influências ambientais desfavoráveis que agem sobre as plantas e que induzem mudanças nas respostas fisiológicas dos indivíduos (SANTOS *et al*., 2006; LARCHER, 2006). Em condições naturais as plantas estão frequentemente expostas ao estresse ambiental (LARCHER, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2004; CHAVES et al., 2002) e mesmo sob condição de estresse temporário, a vitalidade da planta se torna cada vez menor conforme a duração do estresse. Quando a planta alcança o seu limite de capacidade de ajuste, os distúrbios que antes não se manifestavam aparecem na forma de injúrias irreversíveis (LARCHER, 2006).

Há vários anos vem sendo realizados estudos na tentativa de obter informações sobre as respostas e adaptações das plantas a condições adversas impostas pelo ambiente e atualmente essas respostas tem grande valia devido ao aumento dessas situações que podem trazer prejuízos irreversíveis as plantas. Uma espécie estará apta a sobreviver em um determinado ambiente quanto maior for a resistência a todos os fatores impactantes, quanto mais cedo esses fatores cessarem e quanto menos frequentes forem (SANTOS *et al*., 2006).

As plantas são totalmente dependentes dos fatores que as cercam, sendo que estes determinam a sua sobrevivência (OLIVEIRA *et al*., 2006) e os vegetais respondem aos estresses podendo modificar sua genética e/ou morfologia em prol de uma adaptação necessária para a sua sobrevivência (SANTOS *et al*., 2006), desenvolvendo vários mecanismos de adaptação (HIRT, 2003).

2.3 Água na planta

A biomassa é em sua maior parte composta por água, sendo que, o protoplasma contém em média 80 a 95 % desse composto (OLIVEIRA *et al*., 2006; HIRT, 2003; MARENCO; LOPES, 2007; BENINCASA, 2003). E de todas as substâncias absorvidas pelas plantas, a água é necessária em maior quantidade, sendo que, o crescimento de árvores é controlado mais pela disponibilidade da água do que por qualquer outro fator ambiental (SUTCLIFFE, 1980).

A água, além de ser indispensável para o crescimento das células, é um elemento essencial para a manutenção da turgescência (SANTOS; CARLESSO, 1998), portanto uma das primeiras linhas de defesa contra a perda da turgescência é o fechamento estomático que responde ao ar seco, ao declínio do potencial de água no solo ou ambos e para a manutenção da turgescência foliar é necessário mecanismo que promova o fluxo de água para as folhas (MULKEY; WRIGHT, 1996).

Na fotossíntese para que a energia solar absorvida pelas plantas seja processada, os elétrons vêm da quebra da molécula de água, portanto sem água no protoplasma não poderá haver fotossíntese (MARTINEZ, 2001). A entrada de água na planta ocorre por absorção sendo que a maior parte do suprimento de água vem do solo, e uma planta retira água do solo na medida em que o potencial hídrico das raízes é menor do que o potencial hídrico do solo (OLIVEIRA *et al*., 2006). E se a quantidade de água for insuficiente, as plantas passam por déficit hídrico. Portanto, em locais com acentuada variação da disponibilidade de água no solo, a seleção de materiais genéticos de eucalipto é fundamental para o êxito do povoamento florestal (TATAGIBA; PEZZOPANE; REIS, 2008). E alguns trabalhos já vêm sendo realizados com a intenção de indicar clones mais adequados para a implantação de plantios em áreas com reduzida disponibilidade hídrica (LOPES, 2009; TATAGIBA, 2006; KLIPPEL *et al*., 2009).

2.4 Estresse hídrico

Desde os antigos povos, o ser humano vem intensificando a procura por uma alternativa mais efetiva do aproveitamento da água para reduzir os efeitos do déficit hídrico às plantas (SANTOS; CARLESSO, 1998).

O fluxo da água do solo para planta e desta para a atmosfera depende da disponibilidade hídrica do solo e da condução da água pelos diferentes órgãos da planta até as folhas, onde ocorre a regulação do fluxo transpiratório (CARLESSO; SANTOS, 1999) e quando a perda de água excede a oferta, isto é, quando a transpiração foliar é maior do que a absorção de água, considera-se que o solo apresenta-se em condições de deficiência hídrica (COSTELLO et al., 2003).

Nessas condições a intensidade com que a deficiência hídrica é imposta as plantas e a frequência em que esses eventos ocorrem são considerados os fatores mais importantes quando se trata da limitação da produção agrícola mundial (SANTOS; CARLESSO, 1998). E segundo os mesmos autores, as respostas das plantas a deficiência hídrica e se as modificações no seu desenvolvimento são irreversíveis ou não, vai depender do genótipo, da severidade e do estágio de desenvolvimento em que a planta se encontra.

Os estômatos são pequenas aberturas presentes nas folhas por meio do qual os gases e vapor de água passam (ALLEN *et al.*, 1998). Portanto, a abertura dos estômatos regula o fluxo entre o interior da folha e a atmosfera, controlando a perda de água, nesse sentido as plantas sob condições de estresse hídrico tendem a fechar os estômatos resultando em um aumento da temperatura foliar (PILLAR, 1995; PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Portanto, a deficiência de água no solo desencadeia uma série de reações bioquímicas no interior das plantas e como um mecanismo de defesa a planta fecha seus estômatos reduzindo a perda de água, consequentemente ocorre um declínio da taxa fotossintética devido a um menor fluxo de entrada de dióxido de carbono (CO_2) (SOUZA et al., 2004) afetando quase todos os processos fisiológicos da planta (CARLESSO; SANTOS, 1999).

No entanto, plantas cultivadas em locais com adequado suprimento hídrico são, geralmente, menos resistentes ao déficit hídrico e, quando submetidas rapidamente a essas condições, os mecanismos morfofisiológicos são severamente afetados, pois a planta necessita se adaptar em um curto período a esta situação de déficit; no entanto, quando essa deficiência ocorre de forma gradual, a planta consegue com mais facilidade se adaptar tolerando assim a essa situação desfavorável (SANTOS; CARLESSO, 1998).

A expansão da área foliar pode ser considerada como uma primeira reação das plantas ao déficit hídrico (SANTOS; CARLESSO, 1998) e lesões foliares em forma de “V” invertido são sintomas de falta d’água, após a planta ter passado por um período de murcha temporária. Tais lesões geralmente ocorrem, em consequência da perda de água por transpiração, sem haver reposição em tempo hábil e em quantidades necessárias para manter o potencial hídrico da planta. Se a falta d’água persistir, a planta sofre murcha permanente, as folhas adquirem tonalidade palha e a planta toda seca (ALFENAS et al., 2004).

Em estudos realizados com o intuito de avaliar o incremento de biomassa de eucalipto, em regiões com diferentes índices de precipitação foi observado que incremento periódico mensal (IPM) foi menor nas regiões com menor disponibilidade de água (SOUZA *et al*., 2006; STAPE, 2002)

A temperatura afeta diretamente a economia de água pela planta e quanto maior for o balanço de radiação da folha mais água a planta deverá absorver do solo e transportar até as folhas para manter a temperatura da folha em níveis ótimos (PILLAR, 1995). O que requer uma maior quantidade de água disponível no solo quando a planta estiver em ambiente com alta radiação e temperatura elevada.

2.4.1 Ácido Abscísico (ABA)

Os hormônios são substâncias sintetizadas em uma parte de um organismo que, em concentrações baixas têm importantes efeitos fisiológicos para as plantas (KOZLOWSKI; KRAMER; PALLARDY, 1990).

O Ácido Abscísico (ABA) é considerado um hormônio do estresse que integra as restrições ambientais relacionadas à disponibilidade de água com programas metabólicos e de desenvolvimento (HIRT, 2003), A importância do ABA nas respostas a desidratação, é indiscutível. Em plantas desidratadas ocorre um aumento dos níveis de ABA, que por sua vez, induz a expressão de múltiplos genes envolvidos na defesa contra os efeitos do déficit hídrico (BARTELS; SOUER, 2003) e após ultrapassar certos níveis o ABA provoca fechamento dos estômatos (HIRT, 2003), pois sua presença nas células-guarda estimula a saída de potássio e a entrada de cálcio, que em altas concentrações no citosol inibe a bomba de prótons e o influxo de potássio. (MARENCO; LOPES, 2007).

Os resultados encontrados por Liu; Latimer (1995) sugerem que o ABA pode agir como um sinal para a redução do crescimento das plantas e segundo Sharp; LeNoble (2002), estudos recentes mostram que o aumento das concentrações de ABA são necessárias para evitar excesso de produção de etileno, que de acordo com Taiz; Zeiger (2004), é um hormônio vegetal que quando sua síntese é acentuada causa abscisão de folhas.

Quando ocorre uma redução do teor de água disponível para a planta, a raiz emite um sinal para as folhas, o qual estimula a produção desse hormônio, pois a planta ao perceber a produção de altos níveis de ABA ela inicia mecanismos para evitar a perda excessiva de água para a atmosfera de forma que possa reter a água presente no protoplasma para que os processos metabólicos não sejam prejudicados.

2.5 Balanço Hídrico

A quantificação da água disponível no solo é de fundamental importância para o estudo das respostas das plantas ao déficit hídrico (LEVITT, 1980). Sendo o balanço hídrico um método para calcular a disponibilidade de água no solo que varia em função da precipitação e da evapotranspiração (PILLAR, 1995), este é considerado

um sistema que contabiliza o monitoramento de água do solo, significando a contabilidade entre ganhos e perdas de água (ANGELOCCI, 2002).

A variação do armazenamento de água no solo em um intervalo de tempo representa o balanço entre entradas e saídas de água e a irrigação necessária para manter o armazenamento em níveis adequados as necessidades da planta, é direcionada pelo balanço hídrico, que integra os componentes de clima, solo e planta (PEREIRA; VILLANOVA; SEDIYAMA, 1997).

À medida que o solo seca, fica mais difícil para as plantas absorver água, porque aumenta a força de retenção e a água se torna cada vez mais difícil de ser extraída diminui a disponibilidade de água do solo às plantas (BERGAMASCHI, 1992; LIMA, 1996). Portanto, quanto maior for a demanda evaporativa da atmosfera, mais elevada será a necessidade de fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera (SANTOS; CARLESSO, 1998). Deste modo, nem toda a água que o solo armazena está disponível às plantas (CARLESSO, 1995). Isso significa que a planta tem que gastar mais energia para absorver essa água, e esse gasto resulta na redução do crescimento. Logo tendo os valores de precipitação e evapotranspiração pode-se contabilizar a água armazenada no solo (PEREIRA; VILLANOVA; SEDIYAMA, 1997).

A maneira pela qual pode se entender como as espécies florestais utilizam a água de forma eficiente, só pode ser obtido através do balanço hídrico (WALLACE, 1996). E o balanço hídrico sequencial em escala diária permite acompanhar o armazenamento da água no solo em tempo real e fornecer água em condições adequadas no momento requerido (PEREIRA; VILLANOVA; SEDIYAMA, 1997). Sendo uma importante ferramenta para avaliar a resposta de crescimento das plantas sob condições de deficiência hídrica, pois permite acompanhar a variação do armazenamento de água do solo.

2.6 Variáveis climáticas

Fatores como radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar e precipitação são imprescindíveis para o desenvolvimento dos vegetais, porém, em amplitudes que

variam para cada espécie. Portanto, uma modificação nessa disponibilidade seja ela como falta ou excesso, pode acarretar uma série de modificações fisiológicas no crescimento e sobrevivência das plantas (SANTOS *et al*., 2006; KOZLOWSKI; KRAMER; PALLARDY, 1990; COSTELLO et al., 2003).

Toda a vida na Terra é mantida por um fluxo de energia proveniente do sol (MARTINEZ, 2001; LARCHER, 2006) e a radiação é a principal fonte de energia para os processos de aquecimento do solo, aquecimento do ar, fotossíntese e evapotranspiração (SENTELHAS; NASCIMENTO, 2003). Portanto, a quantidade de radiação solar que incide sobre as plantas tem papel fundamental nos processos fisiológicos e, portanto, interceptando menos radiação a planta poderá ter sua produção diminuída (SOUZA *et al*., 2002). Nesse contexto, uma quantidade excessiva de radiação desencadeia a produção de substâncias reativas ao oxigênio e causam a fotoinibição, o prejuízo é maior quando a exposição à luz de alta intensidade está associada com o déficit hídrico (KOZLOWSKI; KRAMER; PALLARDY, 1990).

As plantas C3, que é o caso do eucalipto apresentam maior sensibilidade às condições de temperatura e radiação solar e quando expostas a condições extremas desses fatores, a fotorrespiração nessas plantas é estimulada, e é considerada um processo de autodefesa do aparelho fotossintético, com o objetivo de dissipar o acúmulo de moléculas que em condições ideais de temperatura e radiação, são úteis à célula, mas quando produzidas intensamente, podem se acumular e danificar as estruturas fotossintéticas (PELLEGRINO *et al*., 2007).

Parâmetros meteorológicos e as características da cultura são os fatores que afetam significativamente a evapotranspiração (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997). E os principais parâmetros meteorológicos que afetam a evapotranspiração são a radiação solar, a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento. (ALLEN *et al*., 1998). Portanto, evapotranspiração é controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica, e pelo suprimento de água do solo às plantas.

As condições meteorológicas determinam a demanda evaporativa da atmosfera, dessa forma o consumo de água pela planta está fortemente relacionado com as

condições meteorológicas (MATZENAUER; SUTILI, 1983; PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997). E a demanda atmosférica é controlada pelo poder evaporante do ar. Quanto mais seco estiver o ar, maior será a demanda atmosférica. (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997).

A resposta ao estresse nas plantas depende das condições ambientais, respostas sob condições climáticas variáveis são frequentemente mais intensas. A estratégia de sobrevivência da planta é uma composição equilibrada entre o rendimento e a supervivência (LARCHER, 2006). E entre os fatores abióticos estressantes, os climáticos representam uma grande parcela. Outra complexidade na avaliação dos efeitos do estresse ambiental sobre as diferentes espécies de plantas lenhosas é a variação considerável entre as clones individuais dentro de uma espécie (KOZLOWSKI; KRAMER; PALLARDY, 1990).

A análise de crescimento tem sido utilizada por vários pesquisadores que estudam a variação de crescimento entre plantas crescendo em ambientes diferentes cujo interesse é conhecer diferenças funcionais e estruturais. Sendo útil também no estudo do comportamento vegetal sob diferentes condições ambientais (BENINCASA, 2003). Devido à complexidade das respostas ecofisiológicas existe uma escassez de informações sobre as taxas de crescimento do eucalipto bem como sua relação com a variação da influência das condições climáticas, tornando difícil a comparação entre diferentes clones e espécies (BELL; WILLIAMS, 1997).
Plantios com idade inicial de desenvolvimento estão sujeitos a maior interação com a atmosfera e apresentam maior exposição à radiação solar, portanto, se implantados em época propícia ao déficit hídrico o prejuízo poderá ser inevitável.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material vegetal e características do local de estudo

O experimento foi realizado na área experimental do Núcleo de Estudos e Difusão de Tecnologia em Florestas, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável (NEDTEC), do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), localizado no município de Jerônimo Monteiro, situado na latitude 20°47'25"S e longitude 41°23'48"W, a altitude de 120 m, em duas épocas: de 09 de fevereiro a 09 de junho (Época 1) e 11 de julho a 07 de novembro de 2009 (Época 2).

Foram utilizadas mudas de dois clones comerciais de eucalipto produzidas no Viveiro da Fibria Celulose S.A. (antiga Aracruz Celulose) localizada no município de Aracruz, no Estado do Espírito Santo. Foram avaliadas mudas sadias de dois genótipos elite e comerciais (Clone 01 e Clone 02) do híbrido *E. grandis x E. urophylla*. As mudas foram produzidas em tubetes plásticos, formato redondo e cônico sem fendas laterais de aproximadamente 53 cm^3 utilizando-se miniestacas apicais selecionadas e uniformes. As mudas foram selecionadas na fase de rustificação, aos 90 dias de idade, no viveiro da Fibria, conforme a uniformidade das plantas e ausência de qualquer tipo de injúria. As mudas em seguida foram transplantadas para vasos de 42 cm de diâmetro e 72 cm de altura, com capacidade de aproximadamente 100 dm^3. Estes vasos apresentavam furos circulares de 5 cm de diâmetro em suas faces laterais, a fim de permitir melhor aeração das raízes e escoar o excesso de água (Figura xxx). O solo usado no experimento foi retirado de camadas na profundidade de 20 a 50 cm na área experimental I do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES). Segundo a Embrapa (1999), o solo utilizado para a produção das mudas nas duas épocas experimentais é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd).

Figura 1 - Detalhe do vaso de 100 dm³

Figura 2. Aspecto geral do experimento com clones de eucalipto do híbrido *E. grandis x E. urophylla*., em Jerônimo Monteiro, ES.

As análises químicas e físicas foram realizadas no Laboratório de Análises de Fertilizantes, Águas, Minérios, Resíduos, Solos e Plantas (LAFARSOL) do CCA-UFES, conforme a metodologia utilizada pela Embrapa (1997). Os resultados estão dispostos nas Tabelas 1 e 2 para as Épocas 1 e 2 respectivamente. Em função da análise de solo e da exigência da espécie em estudo foi realizada uma adubação durante cada período experimental. Na adubação foi fornecido 150 $g.dm^{-3}$ de NPK (04-16-04), 100 $g.dm^{-3}$ de NPK (00-18-00) + 20 $g.dm^{-3}$ de micronutrientes. Os adubos foram diluídos em água e aplicados em cada um dos vasos. Ainda de acordo com a analise química do solo e diante da necessidade de correção da acidez do mesmo, foi feita a calagem de acordo com Prezotti et al., (2007).

3.2 Instalação do experimento e delineamento experimental

Na área experimental, o espaçamento utilizado foi o de 2 x 2 m entre os vasos. As mudas cresceram em vasos com umidade próximo à capacidade de campo por um período de 30 dias (período de adaptação), quando então, foram iniciados os déficits hídricos até o final do experimento que durou 120 dias.

Os déficits hídricos aplicados foram:

Déficit 0 (D0): manutenção da umidade dos vasos próximos à capacidade de campo ao longo de todo o período experimental, até os 120 dias.

Déficit 1 (D1): após o período de adaptação das mudas a irrigação foi suspensa até o final do experimento (90 dias de déficit hídrico)

Déficit 2 (D2): após o período de adaptação das mudas a irrigação foi suspensa por 60 dias com posterior retomada da irrigação por mais 30 dias (60 dias de déficit hídrico)

Déficit 3 (D3): após o período de adaptação das mudas a irrigação foi mantida por mais 30 dias (60 dais de irrigação) e suspensão da irrigação por 60 dias (60 dias de déficit hídrico).

Tabela 1- Análise química do solo das duas Épocas experimentais

Época experimental	pH H_2O	P	K	Ca	Mg	Al	H+ Al	Na	C	MO	CTC	SB	V	m	ISNa
		$mg.dm^{-3}$		$cmol_c.dm^{-3}$				$mg.dm^{-3}$	$g.kg^{-1}$		$cmol_c.dm^{-3}$		%		
Época 1	4,8	5,0	105,0	0,8	0,8	0,2	2,3	3,0	11,3	19,4	4,1	1,8	44,2	9,03	0,3
Época 2	4,8	12,0	2,0	20,0	0,9	0,2	4,3	0,0	7,8	13,4	5,3	1,1	21,3	38,3	0,0

Tabela 2- Análise física do solo das duas Épocas experimentais

Época experimental	Areia	Argila	Silte
	$g.kg^{-1}$		
Época 1	52,0	43,0	5,0
Época 2	51,0	49,0	0,0

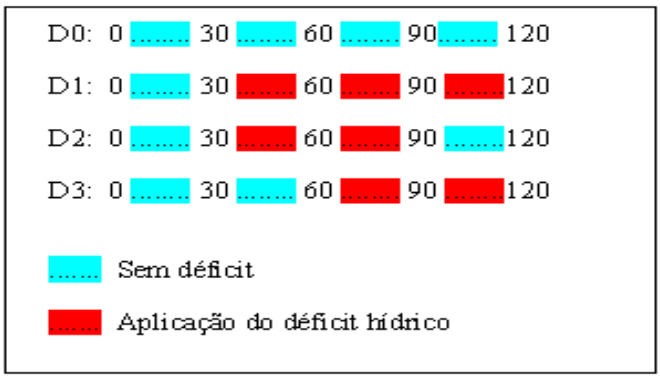


Figura 3 - Esquema mostrando os níveis dos manejos hídricos durante todo o período experimental.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso em parcelas subdivididas 2 x 4 , alocando-se os 4 níveis de déficits hídricos (D_0, D_1, D_2 e D_3) na parcela principal e as 2 épocas (Época 1 e Época 2) nas subparcelas, com três repetições. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, e quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de média Tukey ao nível 5% de probabilidade, utilizando software SAEG 9.1.

3.3 Descrição das características avaliadas

3.3.1 Características microclimáticas

Para a aquisição de dados microclimáticos foi instalado estação meteorológica automática próxima ao experimento em um local aberto sob condição padrão, evitando interferência das plantas na coleta dos dados de velocidade do vento e radiação solar. Na estação estavam acoplados sensores de temperatura e umidade relativa do ar modelo cs500 e Radiação Fotossinteticamente ativa modelo Par Lite (RFA ou PAR). Instalou-se um pluviômetro Modelo TR-525M (marca Campbell Scientific), acoplado ao coletor de dados da Estação que quantificava a precipitação pluviométrica e um sensor de velocidade do vento (modelo 03002 Wind Sentry Set). Os dados eram coletados e armazenados por um datalogger modelo CR - 10X. O

tempo de leitura era de 10 segundos, com os dados sendo salvos a cada 15 minutos.

O déficit de pressão de vapor do ar (DPV) foi calculado a partir da estimativa da pressão de saturação de vapor d' água (es) e pressão parcial de vapor (ea) de acordo com Pereira et al. (2002). O déficit de pressão de vapor do ar (DPV) foi obtido pela diferença entre es e ea.

3.3.2 Características de crescimento

Na fase inicial do experimento (transplantio), e no final do experimento aos 120 dias, foram utilizadas três plantas escolhidas ao acaso de cada tratamento para a realização das características de crescimento, avaliando-se: altura total, diâmetro ao nível do coleto, número de folhas, área foliar, relação raiz/parte aérea, matéria seca de: folhas, haste e ramos, raízes e total.

Durante a montagem do experimento, foi colocado um número suficiente de vasos extras, para as avaliações das características de crescimento a cada 30 dias, onde as mesmas variáveis de crescimento eram realizadas em três plantas representativas de cada tratamento para a avaliação do desenvolvimento das mudas durante todo o período experimental.

A altura total das plantas eram medidas com uma régua milímetrada, o diâmetro ao nível do coleto com auxilio de um paquímetro digital a 5 cm do solo, número de folhas através de contagem simples do órgão, a área foliar foi determinada com auxilio de medidor, modelo LI -3100. Para obtenção da biomassa seca, as plantas foram colocadas em estufa com circulação forçada de ar na temperatura de 70° C, por no mínimo 72 horas.

3.3.3. Água disponível e lâmina de irrigação

Foi utilizado um sistema de irrigação localizada por gotejamento, utilizando um gotejador regulável por vaso, com vazão fixada em aproximadamente 6 litros/hora. No início do experimento os vasos foram saturados e logo depois submetidos à drenagem livre, por um período de 24 horas, para estabilização da umidade volumétrica na capacidade de campo, quando então foi realizado o transplantio das mudas.

Para determinação da lâmina de água utilizou-se a curva de retenção de água no solo, determinada conforme EMBRAPA (1997) a partir de amostras deformadas, previamente peneirada, que depois de saturadas por no mínimo 12 horas, foram levadas à câmara de pressão de Richards com placa porosa para estabilização, adotando-se um tempo não inferior a três dias e posterior determinação da umidade gravimétrica (U), correspondente às tensões de: 0,006; 0,010; 0,033; 0,08; 0,10; 0,3; 0,8 e 1,5 MPa, com três repetições. A umidade volumétrica (θ) para cada uma das tensões foi ajustada utilizando-se o modelo matemático proposto por Van Genuchten. Os parâmetros empíricos foram determinados pelo software Soil Water Retention Curves (SWRC), versão 2.0.

Assim, foi possível obter os valores para a capacidade de campo (CC) de 31,1% e 26,79% para a 1° e 2° Época respectivamente e para o ponto de murcha permanente (PMP) de 14,7% e 15,41% para a 1° e 2° Época respectivamente.

Para elevar o teor de umidade do solo à capacidade de campo, foi utilizada a equação:

$$IRN = \left(\frac{CC - Ua}{10}\right) Ds\ Z \quad \text{(Salassier et al, 2005)}$$

em que:

IRN - irrigação real necessária, em mm;

CC - capacidade de campo, em %;

Ua – umidade atual, em %;

Ds - densidade do solo, em $g.cm^{-3}$

Z - profundidade do sistema radicular, em cm.

Para transformar a irrigação real necessária (IRN) em volume em litros por vaso (L/vaso), multiplicou-se IRN pela área do vaso.

A irrigação total necessária (ITN) dada em mm foi calculada pela equação:

$$ITN = \frac{\mathrm{IRN}}{\mathrm{Ea}}$$ (Salassier et al, 2005)

em que:

IRN - Irrigação real necessária, em mm;

Ea - eficiência de aplicação da irrigação, a qual foi utilizada 90%.

O tempo (T) de irrigação foi determinado pela equação:

$$T = \frac{\mathrm{ITN}}{\mathrm{nq}}$$ (Salassier et al, 2005)

em que:

ITN - irrigação total necessária, em mm;

n - número de gotejadores;

q - vazão dos gotejadores, litros/hora.

As lâminas de irrigação aplicadas foram divididas no tempo, de acordo com a aplicação dos déficits e pelo acompanhamento do desenvolvimento do sistema radicular em profundidade. Foram utilizadas então quatro profundidades do sistema

radicular, 30, 40, 60 e 72 cm, para o cálculo da lâmina de irrigação dos 30, 60, 90 e 120 dias respectivamente.

3.3.4 Armazenamento de água no solo

Para o acompanhamento do armazenamento de água no solo foi calculado o balanço hídrico climatológico (BHC) sequencial por meio de uma planilha de Excel na escala de tempo diária. Para seu cálculo é necessário dados de: precipitação pluviométrica, evapotranspiração potencial e capacidade total armazenada (CTA)

Para sua elaboração, pré estabeleceu-se o armazenamento máximo de água no solo, ou seja, a CAD – capacidade de água disponível, através da equação:

$$CAD = (CC - PMP)\ 0{,}01\ Ds\ Z \quad \text{(Pereira et al, 2002)}$$

Em que:

CC - capacidade de campo, % em peso;

PMP - ponto de murcha permanente, % em peso;

Ds - densidade do solo, em $g.cm^{-3}$

Z - profundidade efetiva do sistema radicular, em mm.

A profundidade efetiva do sistema radicular é aquela onde se concentra cerca de 80% das raízes, desta forma adotou-se o valor de 576 mm para ambos os experimentos. A evapotranspiração potencial foi estimada pelo método de Penman-Monteith em valores diários para cada manejo hídrico permitindo obter o total de água armazenado no solo. Desta forma adotou-se o valor da CAD de 100 mm para a Época 1 e 80 mm para a Época 2.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização climática e do armazenamento de água no solo durante as duas épocas experimentais

A Tabela 3 apresenta os valores médios de temperatura mínima, média e máxima, e radiação solar PAR medidos na estação automática e o déficit de pressão de vapor (DPV) calculado. Houve uma maior disponibilidade energética na Época 1, principalmente nos primeiros 60 dias de experimento com maiores valores de temperatura média, mínima e máxima, radiação solar e DPV nesse período. O mesmo não pode ser dito para os primeiros 60 dias de experimento da Época 2 já que houve uma menor disponibilidade desses recursos caracterizando-o como um período de condições amenas, porém verifica-se uma elevada disponibilidade energética nos últimos 60 dias de experimento apresentando médias até superiores a Época 1.

Durante a Época 1 as médias das temperaturas foram de 19,9 °C, 24,7 °C e 31,7 °C, para as temperaturas mínimas, médias e máximas respectivamente. E para a Época 2 as médias encontradas foram 18,5 °C, 23,6 °C e 30, 6 °C, para as temperaturas mínimas, médias e máximas respectivamente.

A Figura 4 apresenta os dados de temperatura média, mínima e máxima das duas épocas experimentais. As maiores temperaturas foram registradas nos primeiros 60 dias da Época 1, enquanto as menores foram verificadas no mesmo período da Época 2. No período 90-120 dias a relação se inverteu e a Época 2 apresentou dados médios mais elevados que a Época 1. O mesmo pode ser observado na Figura 5 que apresenta os valores radiação solar PAR, DPV e evapotranspiração potencial.

Variavéis Climáticas	Dias	Época 1	Época 2	Diferença (Época 1 - Época 2)
Temperatura média (°C)	0-30 dias	27,8	22,3	5,5
	30-60 dias	25,7	22,7	3,0
	60-90 dias	23,6	24,3	-0,7
	90-120 dias	21,7	25,3	-3,5
	Média	24,7	23,6	
Temperatura mínima (°C)	0-30 dias	22,3	16,6	5,7
	30-60 dias	21,9	17,5	4,4
	60-90 dias	18,8	19,2	-0,4
	90-120 dias	16,8	20,8	-4,0
	Média	19,9	18,5	
Temperatura máxima (°C)	0-30 dias	35,1	29,8	5,3
	30-60 dias	32,2	29,7	2,5
	60-90 dias	30,7	31,5	-0,9
	90-120 dias	28,8	31,7	-2,9
	Média	31,7	30,6	
Radiação Solar PAR ($MJ.m^2.dia^{-1}$)	0-30 dias	10,5	5,9	4,6
	30-60 dias	8,0	6,1	1,9
	60-90 dias	7,3	7,5	-0,1
	90-120 dias	5,3	7,6	-2,2
	Média	7,8	6,8	
DPV (kPa)	0-30 dias	1,4	0,9	0,4
	30-60 dias	0,9	0,9	0,0
	60-90 dias	0,8	1,0	-0,2
	90-120 dias	0,7	1,0	-0,3
	Média	1,0	1,0	

Tabela 3 – Valores médios de temperatura média, mínima e máxima, radiação solar PAR e déficit de pressão de vapor (DPV), de cada mês para a Época 1 (Fevereiro a Junho de 2009) e Época 2 (Julho a Novembro de 2009) e a média mensal das épocas.

Conclui-se que os primeiros 60 dias da Época 1 foram mais favoráveis ao desenvolvimento das mudas por apresentar uma maior disponibilidade energética e quando comparada a Época 2 verifica-se que as condições climáticas deste período foram mais propiciais ao crescimento inicial das mudas por haver uma maior disponibilidade das variáveis climáticas.

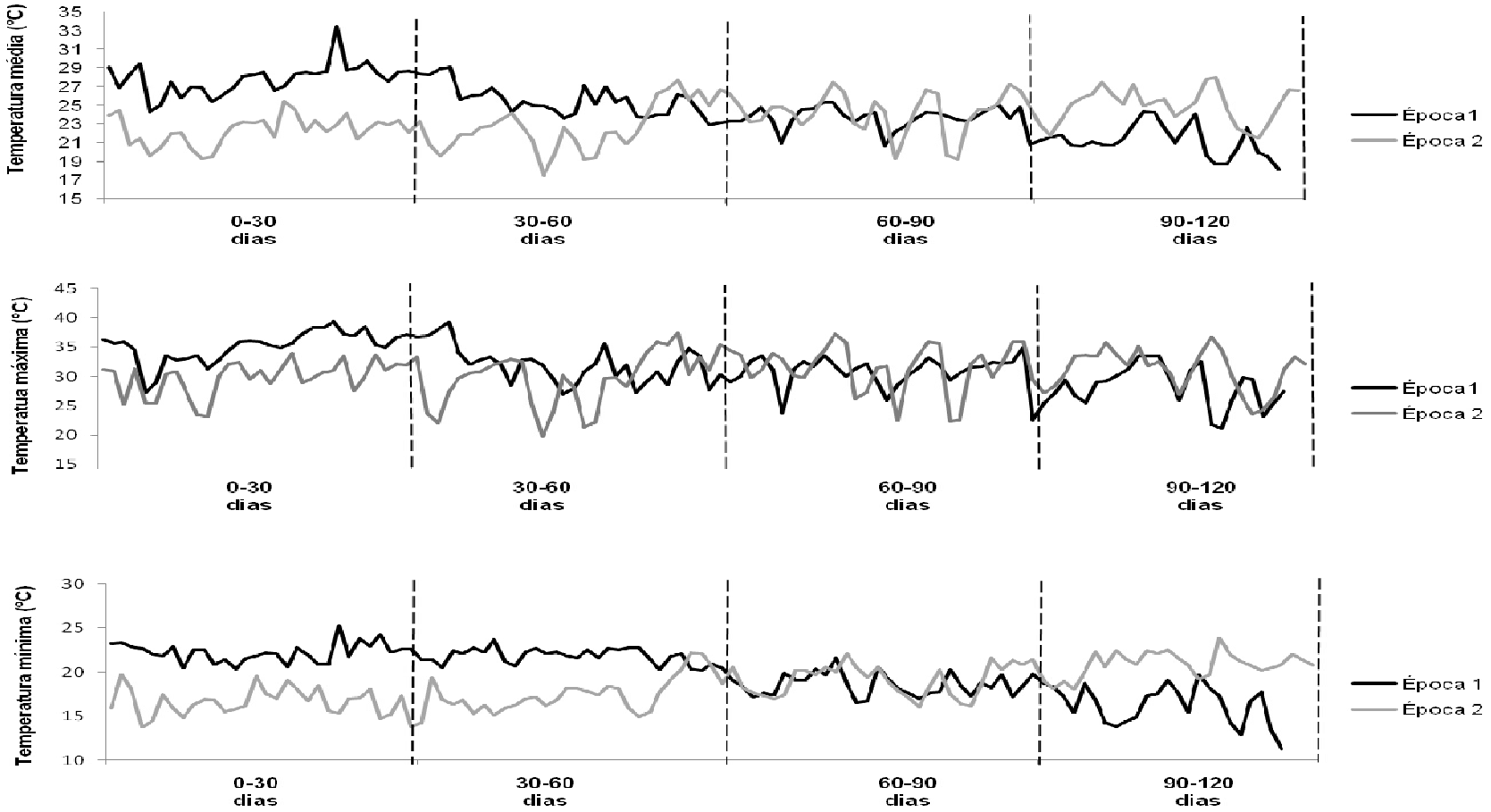


Figura 4 - Temperatura média, máxima e mínima em função do tempo de experimento para as duas épocas experimentais (Época 1 de Fevereiro a Junho de 2009 e Época 2 de Julho a Novembro de 2009).

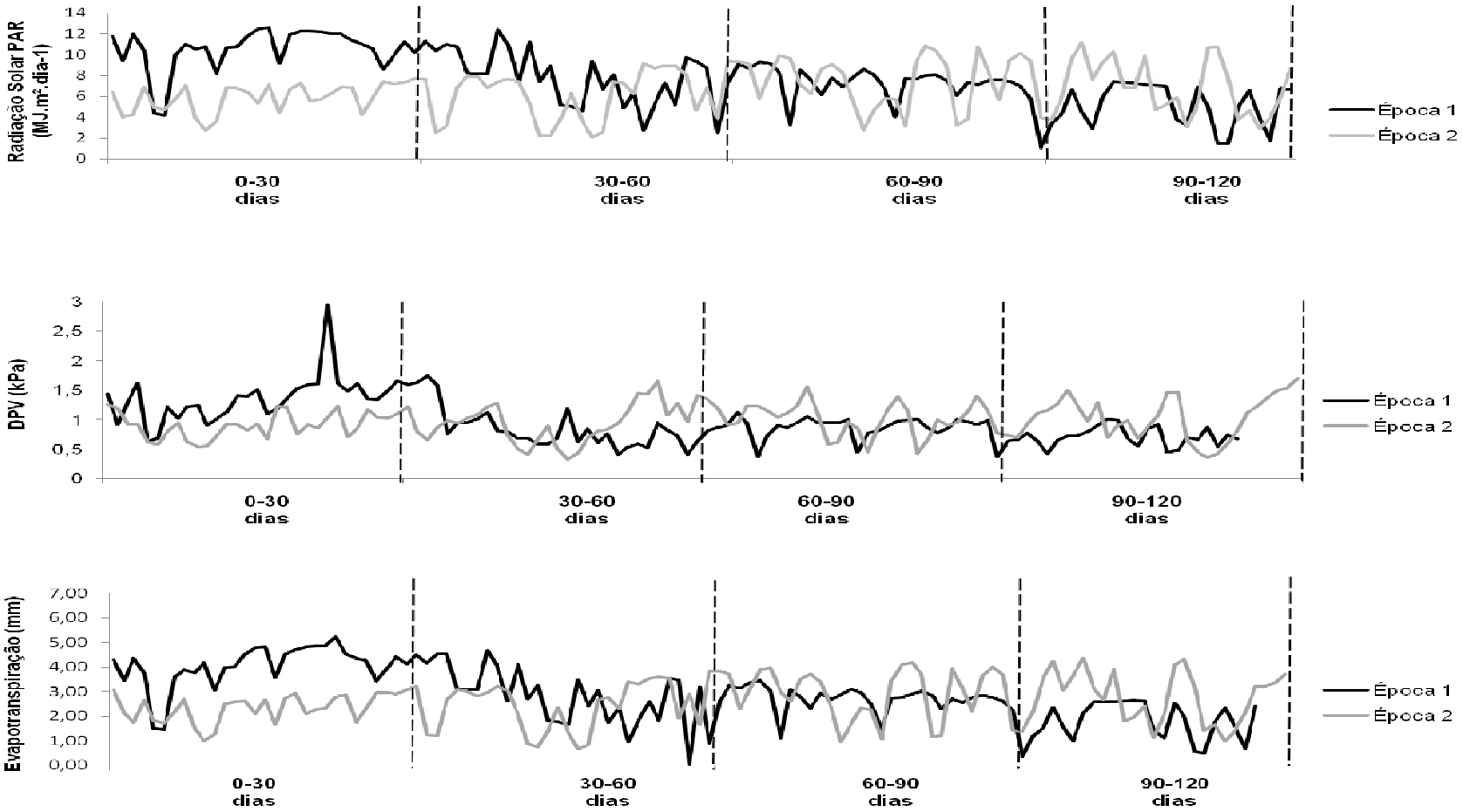


Figura 5 - Radiação solar PAR, Déficit de pressão de vapor (DPV) e Evapotranspiração potencial em função do tempo de experimento para as duas épocas experimentais (Época 1 de Fevereiro a Junho de 2009 e Época 2 de Julho a Novembro de 2009).

Com a elaboração do balanço hídrico climatológico sequencial em escala diária foi possível acompanhar a água disponível no solo durante todo período experimental. Na Figura 6 pode ser observado o armazenamento de água nos déficits D0, D1, D2, D3 para a Época 1 com CAD de 100 mm.

Verifica-se que não ocorre uma queda do armazenamento de água no solo com a imposição dos D1 e D2 no período de 30-60 dias, isso ocorre devido aos eventos de precipitação que aconteceram nesse período como pode ser verificado na Figura 7, elevando a quantidade de água do solo. Portanto, houve uma pequena redução do armazenamento nesse período, no entanto essa redução é intensificada no período de 60-90 dias e permanece no período de 90-120 dias onde os eventos de precipitação não mais acontecem.

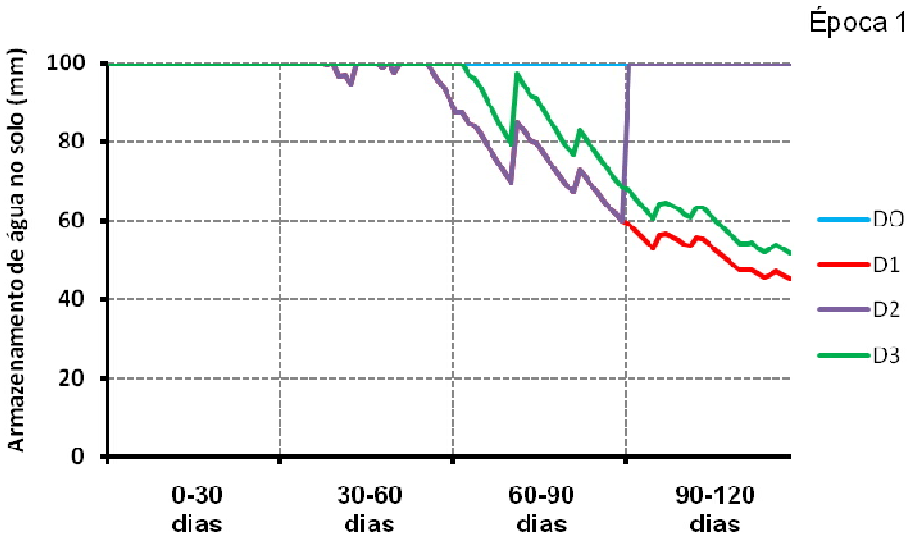


Figura 6 - Armazenamento de água no solo na Época 1 sob diferentes déficits hídricos, (Do) - sem déficit, (D1) - déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3 durante a Época 1 (Fevereiro a Junho de 2009).

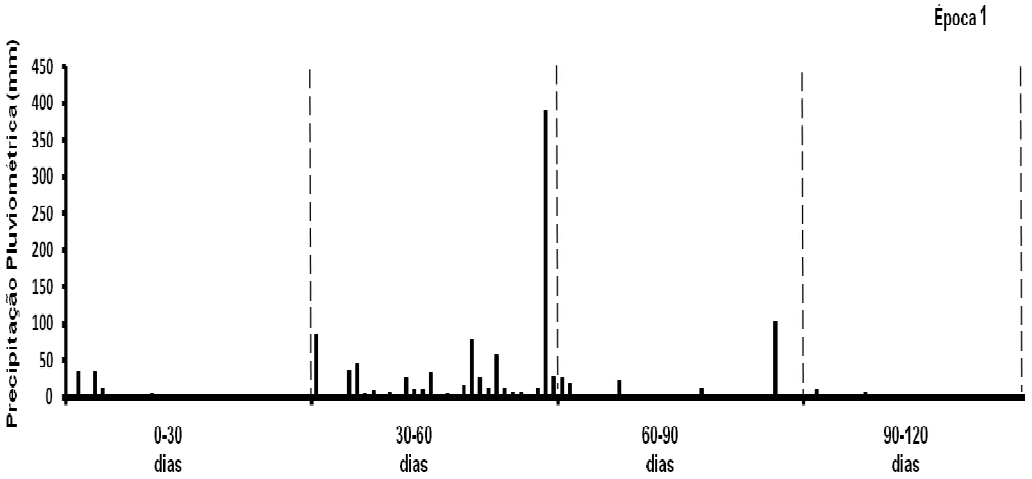


Figura 7 - Precipitação Pluviométrica diária durante a Época 1 (Fevereiro a Junho de 2009) medidas na estação meteorológica automática.

Na Época 2 a CAD utilizada para a elaboração do balanço hídrico climatológico sequencial foi de 80 mm e na Figura 8 temos a evolução do armazenamento de água no solo em cada déficit hídrico.

Na Época 2 os intervalos de indução dos déficits foram os mesmos que na Época 1, porém o armazenamento apresentou reduções de forma diferente. Verificou-se uma redução maior do armazenamento de água no solo no período de 30-60 dias, no entanto de acordo com a Figura 9 chuvas isoladas e de menor intensidade também ocorreram nesse período elevando o teor de água do solo e logo em seguida volta a cair o armazenamento no solo. No período de 60-90 dias também foi verificado algumas chuvas igualando D1, D2 e D3 e após a retomada do D2 á capacidade de campo, os D1 e D3 seguem com a mesma redução do armazenamento de água no solo até o final do experimento.

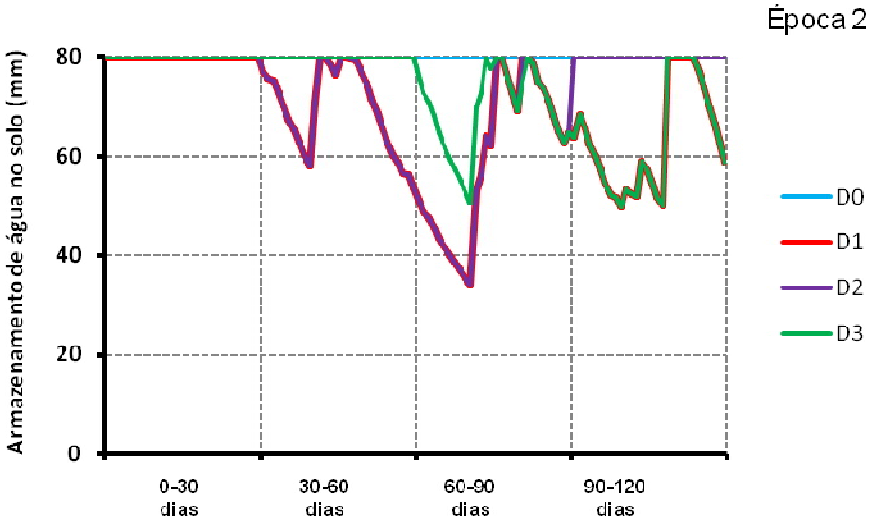


Figura 8 - Armazenamento de água no solo na Época 2 (Julho a Novembro) sob diferentes déficits hídricos, (Do) - sem déficit, (D1) - déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3 durante a Época 2 (Julho a Novembro de 2009).

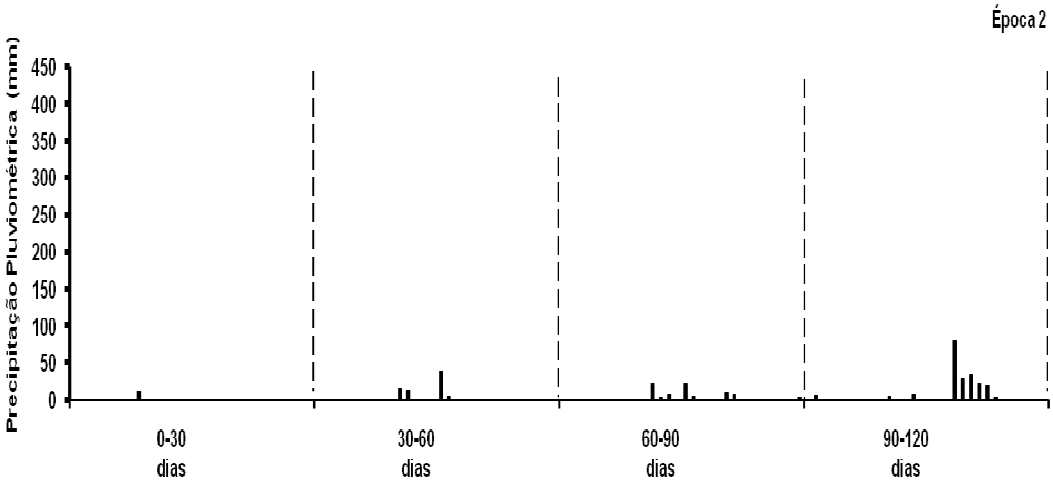


Figura 9 - Precipitação Pluviométrica diária durante a Época 2 (Julho a Novembro de 2009) medidas na estação meteorológica automática.

4.2 Caracterização do crescimento e produção individual de cada clone de eucalipto na fase final do experimento

Os primeiros efeitos visíveis do déficit hídrico imposto às mudas de ambos os clones foram à paralisação do crescimento, e murcha das folhas. E de maneira geral todas as variáveis avaliadas nesse estudo foram reduzidas de forma significativa em decorrência do decréscimo da disponibilidade hídrica no solo e principalmente pela época de plantio para os dois clones estudados.

4.2.1 Clone 1

O crescimento das plantas pode ser medido pelo peso fresco, porém esse peso varia muito em resposta as alterações da condição hídrica da planta, portanto, as medidas de peso seco são mais apropriadas (TAIZ; ZEIGER, 2004). E uma das principais variáveis avaliadas nesse estudo o qual mostra de maneira eficiente o efeito dos déficits hídricos na produção das plantas é a matéria seca.

Na Figura 10, encontra-se a matéria seca total, matéria seca de folhas e matéria seca de raiz nas duas épocas experimentais. Para ambas as variáveis a interação entre déficit x época foi significativa. Para a verificação do efeito de cada uma das variáveis separadamente, utilizou o procedimento de fixar uma variável e estudar a outra.

O acúmulo de matéria seca total permitiu diferenciar, a produtividade entre os déficits hídricos e as épocas experimentais. Para a matéria seca total o D0 na Época 1, apresentou uma variação percentual média de 55% superior em relação aos demais déficits. Na Época 2 essa redução foi mais drástica, demonstrando uma redução média de 90% em uma comparação descritiva da diferenças entre as médias.

Para ambos os níveis de déficit hídrico houve uma redução significativa do incremento da matéria seca total na Época 2 o que evidencia uma superioridade significativa da Época 1.

Quando avaliado o efeito dos déficits hídricos na Época 1 verificou-se que os mesmos diferiram estatisticamente entre si, onde o D0 apresentou valores superiores em relação aos demais, seguido dos D1 e D3 os quais foram significativamente iguais entre si e posteriormente do D2. Na Época 2 verificou-se diferença estatisticamente significativa somente para o D0, o qual foi superior aos demais.

Um dos inúmeros problemas causados pela deficiência hídrica nas plantas surge do fato de que nem todos os fotoassimilados são usados na produção de novos tecidos para o crescimento, uma grande parte é usada na respiração, portanto com a redução da taxa fotossintética proveniente do fechamento estomático, o pouco de fotoassimilado produzido na fotossíntese pode ser em grande parte utilizado na respiração (KOZLOWSKI; KRAMER; PALLARDY, 1990). De fato, para manterem-se vivas, as plantas, dependendo da magnitude do estresse, podem chegar a consumir as suas reservas para manter a taxa respiratória, principalmente a denominada respiração de manutenção (para manter a estabilidade metabólica), paralisando o crescimento e a produção de matéria seca das plantas.

A influência da época experimental no crescimento das plantas é fundamentada nas condições climáticas. A Época 1 especialmente nos primeiros 60 dias foi um período bastante favorável ao crescimento das plantas com temperaturas, radiação solar e DPV em níveis adequados, que associados ao armazenamento de água no solo favoreceram mais a produção de matéria seca total das plantas nessa época. Já na Época 2 os dois primeiros meses foi um período mais frio com temperaturas, radiação solar e DPV com níveis mais baixos quando comparados a primeira época, portanto na segunda época as plantas apresentavam um crescimento mais lento.

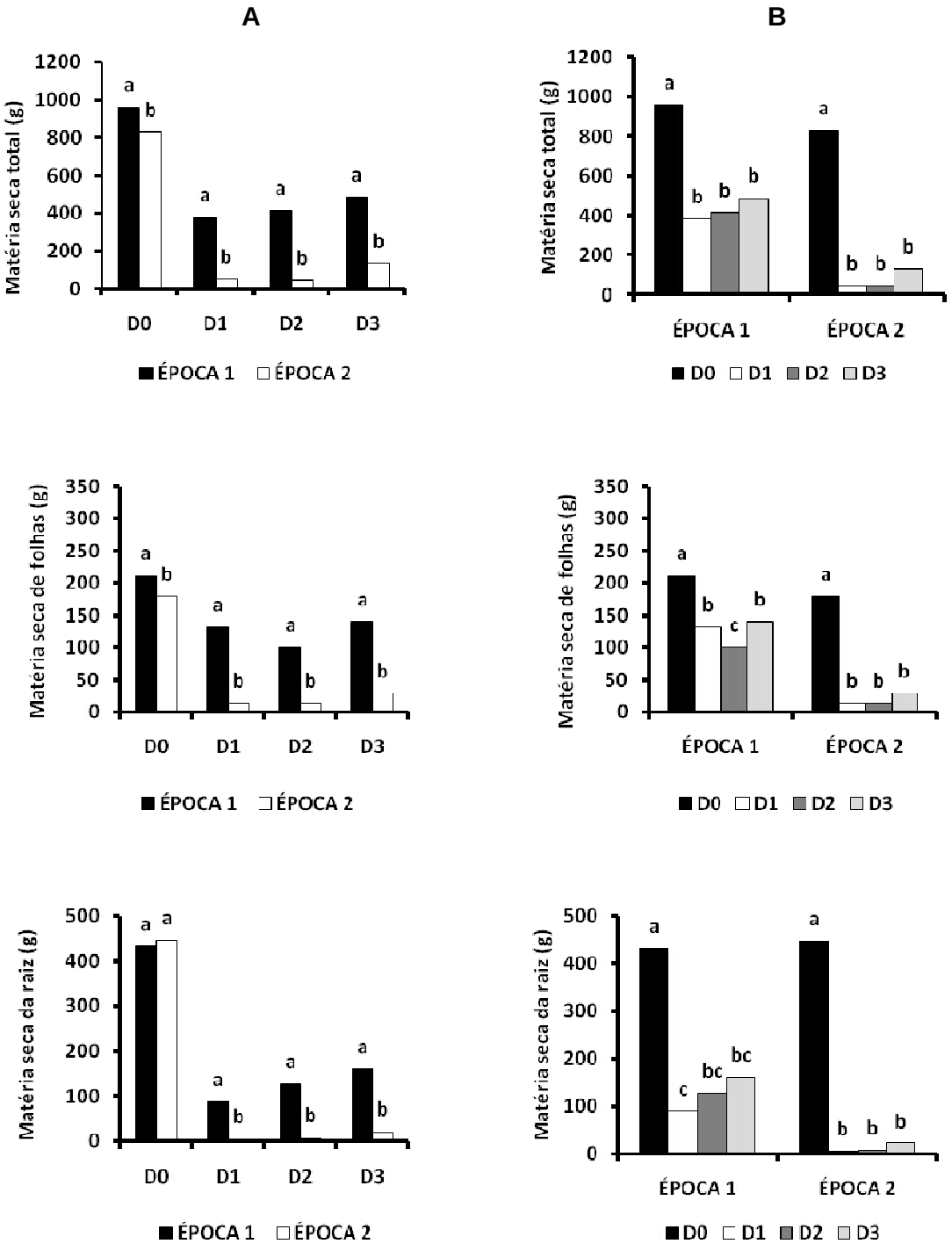


Figura 10 - Matéria seca total, matéria seca de folhas e matéria seca de raiz das plantas do clone 1 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do - sem déficit, (D1) - déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009. Sendo que na coluna A foi avaliado o efeito da Época agrupando as médias do déficit hídrico e na coluna B foi avaliado o efeito dos déficits hídricos agrupando as médias das épocas.

Apesar da matéria seca de folhas, haste e ramos e raiz de forma coletiva inferir que a época e a imposição da deficiência hídrica influenciaram negativamente a produção das mudas, a redução se apresentou de maneira diferente entre os compartimentos das plantas.

Para o incremento em matéria seca de folhas é possível observar por meio da Figura 10 que houve diferença estatística entre os déficits hídricos, sendo que ambos os déficits D0, D1, D2 e D3 de maneira geral apresentaram médias superiores na Época 1. Entre os déficits hídricos observa-se que na Época 1 o D0 apresentou valores superiores em relação às demais, seguido dos D1 e D3 os quais foram significativamente iguais entre si e, posteriormente do D2.

Porém na Época 2 verificou-se diferença estatisticamente significativa somente para ao D0, o qual foi superior aos demais déficits, que não diferiram entre si. Nessa época os D1, D2 e D3 condicionaram uma redução média de 89,5% da matéria seca de folhas, mostrando que a taxa de acumulação de biomassa foi muito inferior à taxa potencial.

Lopes, Guerrini; Saad (2007) encontraram aumento da matéria seca da parte aérea de plantas de *Eucalyptus grandis* aos 108 dias, quanto maior foi a lâmina de irrigação aplicada.

Para a matéria seca de raiz (Figura 10) na avaliação realizada entre as épocas pode-se verificar que com exceção do D0, nos demais déficits hídricos a Época 2 foi significativamente inferior a Época 1. A redução em maior grau ocorreu quando avaliado o efeito dos déficits. Na Época 1 a redução foi de 79% para o D1, 30% para o D2 e 37% para o D3 quando comparados ao déficit 0. Na Época 2 também houve diferença entre os níveis de déficit hídrico, porém, os D1, D2 e D3 não se diferenciaram entre si com uma média de 97% de redução, e ambos apresentaram médias significativamente inferiores às médias do D0.

Nesse sentido, Lopes; Guerrini; Saad (2007) verificaram que ocorreu aumento gradativo da matéria seca de raiz, à medida que a lâmina de irrigação foi maior. Segundo Kozlowski (2002), algumas plantas dependem de um tempo maior após o plantio das mudas para o bom desenvolvimento das raízes, pois um

período curto após o plantio as suas raízes geralmente não crescem rápido o suficiente para absorver uma quantidade suficiente de água para manter o equilíbrio com as perdas de água por transpiração.

Por meio da análise de variância ficou constatado que para o incremento em haste e ramos não houve interação déficit x época, sendo os mesmos avaliados separadamente.

Na Figura 11, analisando a matéria seca de haste e ramos, com base na avaliação do efeito das épocas experimentais é possível verificar uma grande diferença no acréscimo da variável, destacando ainda mais a diferença entre as épocas. Os níveis déficits hídricos apresentaram diferença significativa, sendo em geral o D0 superior aos demais. Segundo Larcher (2006), o incremento da matéria seca da planta acontece quando o carbono que não é consumido pela respiração é utilizado para o crescimento, dessa forma acredita-se que as plantas da Época 1 alocaram mais carbono.

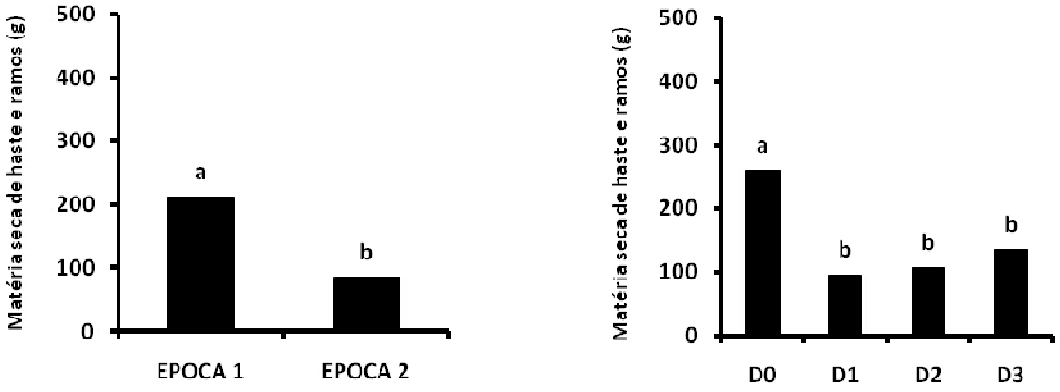


Figura 11 - Matéria seca total de haste e ramos das plantas do clone 1 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do- sem déficit, (D1) - déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009.

O incremento da matéria seca total das plantas do clone 1, avaliado mensalmente foi afetado tanto pelos déficits hídricos quanto pela época experimental. Tal fato pode ser observado na Figura 12.

Na Época 1, o D0 proporcionou um maior incremento médio quando relacionado aos demais déficits, o D3 proporcionou incremento um pouco inferior ao D0 até os 90 dias, porém no último período do experimento (90-120 dias) houve uma queda da matéria seca total nesse déficit hídrico devido a redução dos parâmetros folhas, haste e ramos e raiz. O D1 apresenta-se no final do experimento com valores bem inferiores ao D0, as plantas submetidas ao D2 apresentaram valores semelhantes as submetidas ao D1.

Na Época 2 o incremento da matéria seca total também foi reduzido pelos déficits hídricos. O D0 proporcionou um incremento superior a todos os demais déficits, os D1 e D2 de maneira semelhante proporcionaram médias inferiores, sendo que o D2 não conseguiu recuperar com a retomada da irrigação a perda em matéria seca, e o D3 apesar de apresentar valores maiores que os D1 e D2 foi bastante inferior ao D0 apresentando uma queda do incremento ao final do experimento.

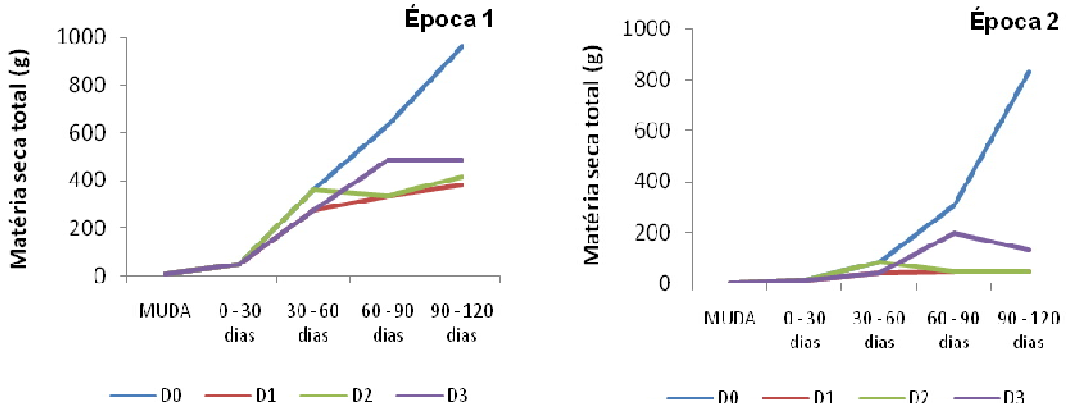


Figura 12 - Incremento mensal da matéria seca total das plantas do clone 1 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficit hídrico, Do - sem déficit, (D1) - déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009.

Na Época 2 os menores valores de radiação, DPV, temperatura e ETP, promoveram um menor crescimento das mudas nos primeiros 60 dias, porém nos últimos 60 dias de experimento esses fatores ambientais apresentaram valores altos. Uma maior demanda atmosférica condiciona a excessiva transpiração e quanto maior a demanda, maior a exigência hídrica da planta (ANGELOCCI, 2002). Portanto, se a demanda atmosférica foi alta nos últimos 60 dias de experimento da Época 2, a disponibilidade hídrica do solo encontrava-se abaixo dos índices necessários para atender as necessidades da planta e as plantas apresentavam um crescimento reduzido, estas resistiram menos a imposição da deficiência hídrica, pois sua estrutura não estava apta a resistir a uma deficiência tão severa, reduzindo assim sua matéria seca total. Portanto, o acúmulo de matéria seca total ao final do experimento, possibilitou diferenciar a influencia dos déficits e das épocas.

Nas plantas submetidas ao D0 a média de acúmulo de matéria seca na Época 1 foi cerca de 14% superior em relação à Época 2. Para o D1 o acúmulo de matéria seca total, ao final do experimento apresentou média com valor 87,33% maior na Época 1 do que na Época 2, o D2 reduziu em 89% o acúmulo de matéria seca total da Época 2 e para o D3 essa redução da Época 2 em relação a primeira época foi de 72,78%.

A Figura 13 mostra a distribuição diferencial de fotoassimilados nos diferentes órgãos das plantas (folhas, haste e ramos e raiz) em cada déficit hídrico. Nela verifica-se que na Época 1 e na Época 2 o compartimento raiz foi o que mais contribuiu com a matéria seca total no final do experimento para o D0.

No entanto, com a indução do déficit hídrico, a distribuição de fitomassa foi modificada para os D0, D1, D2 e D3 nas duas épocas em estudo, onde o compartimento que mais contribuiu com a matéria seca das plantas foi a haste e ramos. Para o D1 a participação desse compartimento foi de 42% e 61% para a Época 1 e Época 2 respectivamente. No D2 essa participação foi de 45 % e 54 % nas Épocas 1 e 2 respectivamente, e para o D3 essa taxa foi de 38% e 62% para as Épocas 1 e 2 respectivamente.

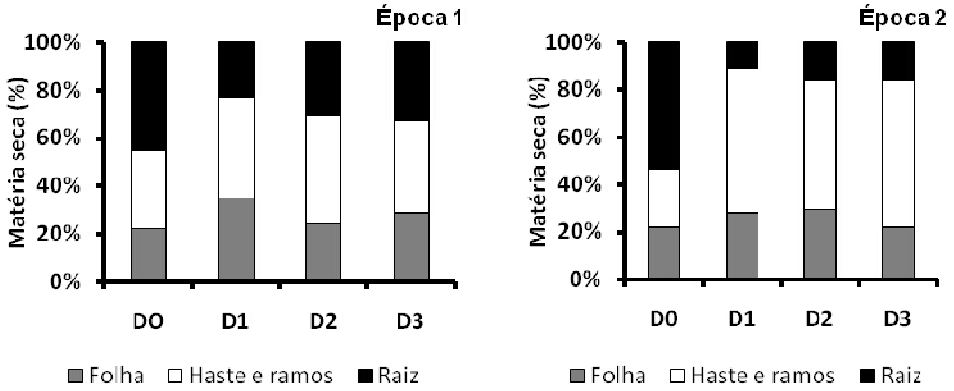


Figura 13 - Matéria seca (%) de folhas, haste e ramos, e raiz das plantas do clone 1 de eucalipto, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009, sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do - sem déficit, (D1) - déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3, no final do experimento.

Assim, tanto a deficiência hídrica quanto a época de plantio parece influenciar significativamente a produção e a distribuição de fotoassimilados nas diferentes partes da planta de forma bem distinta, indicando que, as taxas de crescimento da espécie podem ser induzidas pelas condições impostas pelo meio. Principalmente, pela redução da disponibilidade hídrica que reduz a expansão celular reduzindo o consumo de carbono e energia implicando na produção de assimilados (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Na Figura 14 é possível observar a diferença significativa entre as duas épocas experimentais, para a área foliar. Verifica-se que todos os déficits hídricos tiveram desenvolvimento inferior na Época 2 quando comparada a Época 1.

Nota-se ainda que avaliando os déficits hídricos, durante a Época 1, os D1, D2 e D3 iguais entre si apresentaram médias inferiores ao déficit 0. Da mesma forma na Época 2 houve diferença estatística entre os déficits, sendo que o D0 foi superior aos demais. Assim, a redução mostra-se geral, independentemente do nível do déficit hídrico, somente apresentando diferença estatística quando comparado ao nível irrigado constantemente. Isso nos mostra que mesmo com a retomada da irrigação no D2 as plantas não conseguiram se recuperar.

Quando a perda de água aumenta substancialmente durante um curto período, ou quando o abastecimento de água diminui rapidamente, os tecidos vegetais tornam-se desidratados e inicialmente ocorre a murcha das folhas causando redução da área foliar da planta (COSTELLO et al., 2003).

Pereira et al., (2006) constatou que para a área foliar houve diferenças estatisticamente significativas entre os manejos hídricos aplicados na mudas e aos 70 dias após o plantio, estas apresentaram maiores incrementos no crescimento, nos tratamentos sem estresse hídrico. Martins (2007), trabalhando com *Eucalyptus grandis* também verificou redução da área foliar em plantas sob deficiência hídrica. Outros pesquisadores verificaram que a área foliar de mudas de eucalipto produzidas sob manejos hídricos diferenciados apresentaram maiores médias nos tratamentos com maior disponibilidade hídrica como foi o caso de Silva (1998); Tatagiba (2006). Assim como Ismael (2001); Lopes; Guerrini; Saad (2007) trabalhando com diferentes lâminas de irrigação.

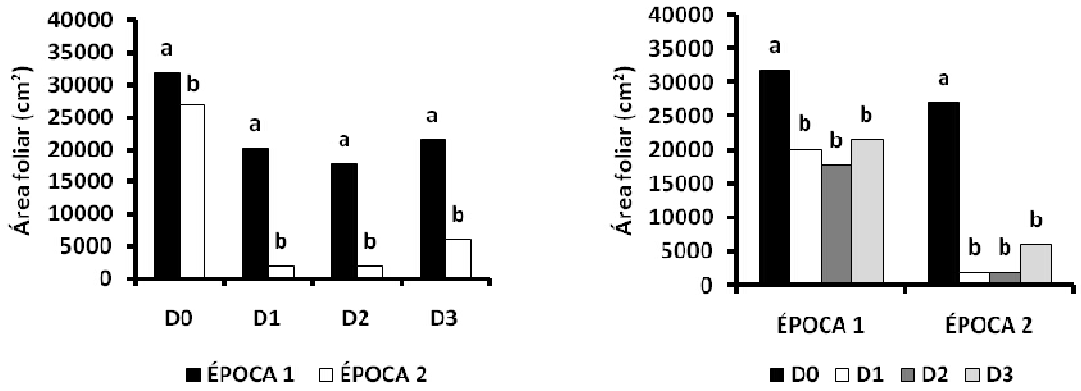


Figura 14 - Área foliar das plantas do clone 1 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do - sem déficit, (D1) - déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009.

Em determinadas plantas, de acordo Taiz; Zeiger (2004), a deficiência hídrica limita não apenas a área foliar, mas também o número de folhas, pois o déficit

hídrico diminui o número e a taxa de crescimento dos ramos. Tal fato também foi observado nesse estudo.

Quanto ao número de folhas (Figura 15) também houve interação déficit x época significativa. Os resultados revelaram que comparando as épocas, as diferenças estatísticas foram observadas somente para os D1, D2 e D3, onde a Época 1 foi superior a Época 2. Porém para o D0 não houve influencia significativa das épocas experimentais.

Quanto a avaliação do efeito dos déficits hídricos na Época 1, observou-se diferença estatística onde o D0 apresentou valores superiores em relação aos demais, seguido do D2 e D3 os quais foram significativamente iguais entre si e, posteriormente do D1.

A Época 2 também apresentou diferença estatística significativa entre os déficits hídricos, onde se verificou que o D0 apresentou superioridade quando comparado aos demais déficits, sendo que os D1, D2 e D3 foram significativamente iguais entre si, evidenciando assim, a pouca contribuição da retomada da irrigação do D2 para a produção de novas folhas. Dessa forma um período maior de irrigação antes da aplicação do déficit hídrico no caso do D3 também não foi suficiente para que a planta tolerasse mais a imposição do déficit hídrico.

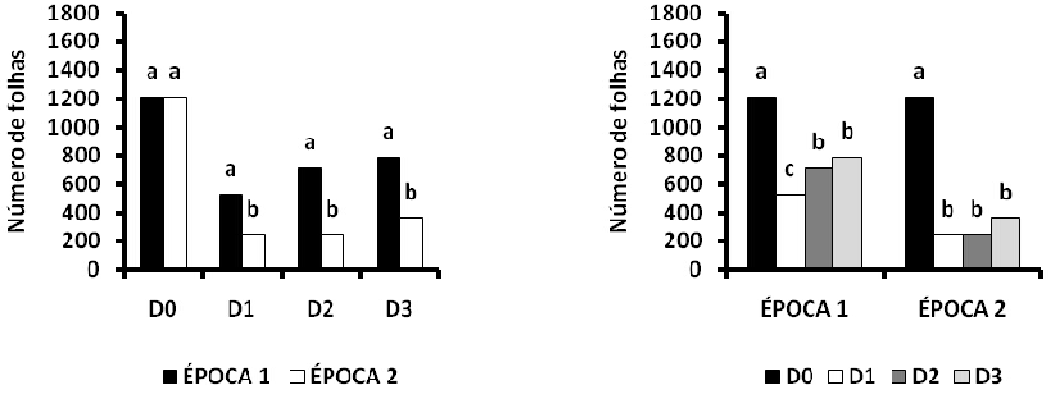


Figura 15 - Número de folhas das plantas do clone 1 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do - sem déficit, (D1) - déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009.

Analisando o efeito dos níveis de déficits hídricos e das épocas experimentais sobre a altura das plantas, não houve interação estatisticamente significativa entre déficit x época sendo, portanto, avaliados isoladamente.

De acordo com a Figura 16, em que avaliou-se as épocas separadamente, também foi possível verificar existe diferença significativa entre elas. E pode-se observar que em geral a Época 1 apresentou os maiores valores, sendo estatisticamente superior a Época 2.

Nota-se ainda que as deficiências hídricas quando avaliadas também apresentaram diferenças estatísticas, sendo que o D0 apresentou as maiores médias, seguido do D3. Os D1 e D2 apresentaram as médias mais inferiores e estatisticamente iguais entre si. Essa diferença do crescimento das plantas entre os déficits pode ser atribuída ao fato de que o crescimento das plantas é dependente dos carboidratos produzido na fotossíntese, se esse processo é interrompido pelo fechamento estomático proveniente da desidratação as plantas podem ter seu desenvolvimento paralisado (KOZLOWSKI; KRAMER; PALLARDY, 1990).

O maior componente do crescimento vegetal é a expansão celular governada pela pressão de turgor, e o tamanho das plantas é um critério utilizado para medir o crescimento das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2004), portanto se houve variação no tamanho das plantas entre os tratamentos de déficits hídricos nesse estudo, significa que a pressão de turgor dessas plantas foi influenciada, indicando que pode ter ocorrido uma redução da turgescência que ocasionou a paralisação do crescimento das plantas sob deficiência hídrica.

Estudos como o de Alvarenga et al., (1994), encontraram um maior crescimento em altura de *E. grandis* de 65% maior das plantas mantidas na capacidade de campo quando relacionadas àquelas se desenvolvendo sob condições de deficiência hídrica.

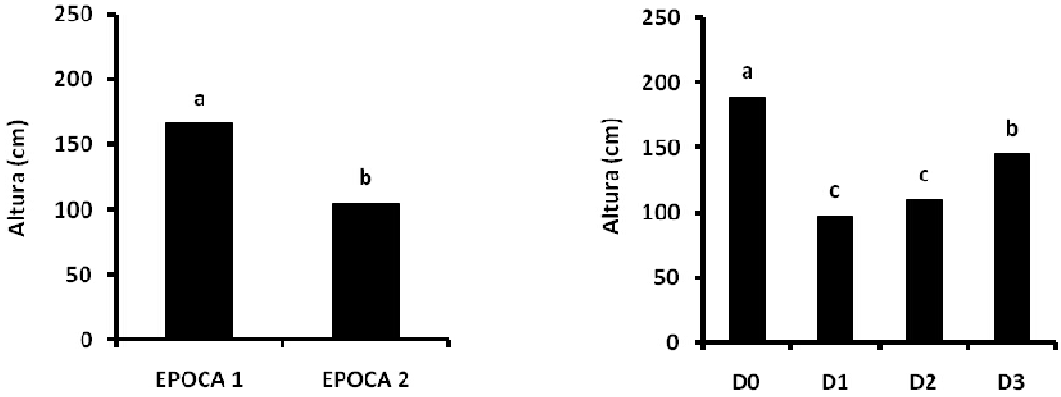


Figura 16 - Altura das plantas do clone 1 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do - sem déficit, (D1) - déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009.

A Figura 17 mostra que o crescimento em diâmetro das plantas também não apresentou interação déficit x época significativa e, portanto, foi avaliado isoladamente.

Na avaliação do efeito da época experimental aponta-se que houve diferença estatística entre elas quanto ao incremento em diâmetro e que a Época 1 induziu maior atividade cambial e, portanto, apresentou-se superior a Época 2.

E quando avaliado o efeito dos déficits apenas o D0 apresentou valores superiores e os D1, D2 e D3 apesar da diferença do período de indução do déficit e da duração do mesmo, estes apresentaram medias estatisticamente iguais entre si. Pereira et al., (2006), também obtiveram valores maiores de diâmetro das mudas de *Eucalyptus urograndis* nos tratamentos sem estresse hídrico. Lopes (2007) verificou que ocorreu aumento gradativo do diâmetro do colo de *E. grandis* à medida que a lâmina de água foi maior.

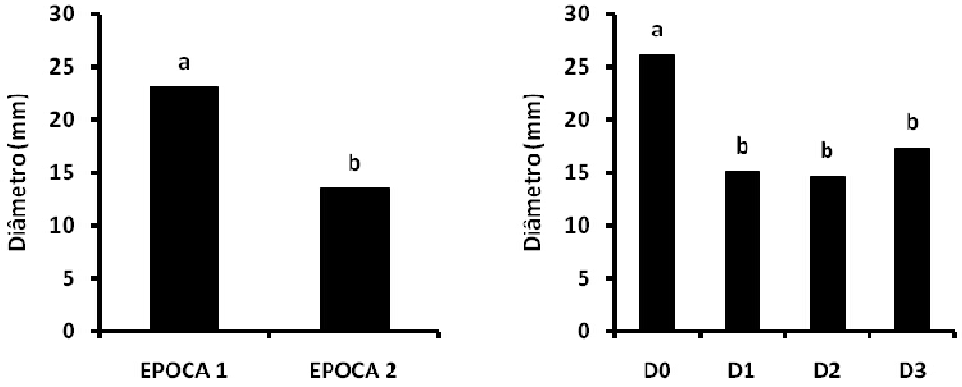


Figura 17- Diâmetro do coleto a 5 cm do substrato das plantas do clone 1 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do - sem déficit, (D1) - déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009.

Trabalhando com seis clones do híbrido *E. grandis* vs *E. urophylla,* Tatagiba (2006), encontrou resultados de redução da matéria seca total, área foliar, diâmetro e altura das plantas sob deficiência hídrica quando relacionadas as plantas irrigadas, essa semelhança corrobora os resultados encontrados nesse estudo.

4.2.2 Clone 2

Na Figura 18, encontra-se a matéria seca total, matéria seca de folhas, matéria seca de haste e ramos e matéria seca de raiz das plantas nas duas épocas experimentais. Para ambas as variáveis a interação entre déficit x época foi significativa. Para a verificação do efeito de cada uma das variáveis separadamente, utilizou o procedimento de fixar uma variável e estudar a outra.

Os dados de matéria seca total (Figura 18) nos mostram que efetivamente a época foi um fator importante na produção de matéria seca das plantas sendo que a Época 1 se mostrou mais adequada a produção de fotoassimilados, e a

Época 2 ao contrário, se mostrou significativamente inferior para o incremento em todos os déficits.

Nota-se ainda que avaliando o efeito dos déficits hídricos verifica-se que na Época 1 o DO foi superior aos demais, seguido do D3 e, posteriormente dos D1 e D2 os quais foram significativamente iguais entre si. Na Época 2 verificou-se diferença estatisticamente significativa somente para ao D0, o qual foi superior as demais.

De acordo com a Figura 18, agora avaliando a produção da matéria seca de folhas, ao compararmos as épocas verifica-se que para todos os déficits hídricos a Época 1 condicionou as maiores médias e significativamente.

Na figura 18, observando os dados de matéria seca de haste e ramos, nota-se que em todos os déficits houve uma produção significativamente superior na Época 1 quando compara a Época 2. A Época 2 proporcionou uma redução percentual de 63%, 88%, 87% e 77% para D0, D1, D2 e D3 respectivamente, quando comparadas com a Época 1.

Analisando o efeito dos déficits hídricos nota-se que na Época 1 o D3 foi o que apresentou os maiores valores de produção em haste e ramos, seguido na ordem pelo D0, D2 e D1. Na segunda época experimental também houve diferença estatística entre os déficits hídricos, porém o D0 e D3 foram superiores aos D1 e D2.

Novamente, constata-se que assim como esperado a maior redução ocorreu na Época 2, com médias reduzidas em 63%, 88%, 87% e 77% para os D0, D1, D2 e D3 respectivamente, quando comparadas com a Época 1.

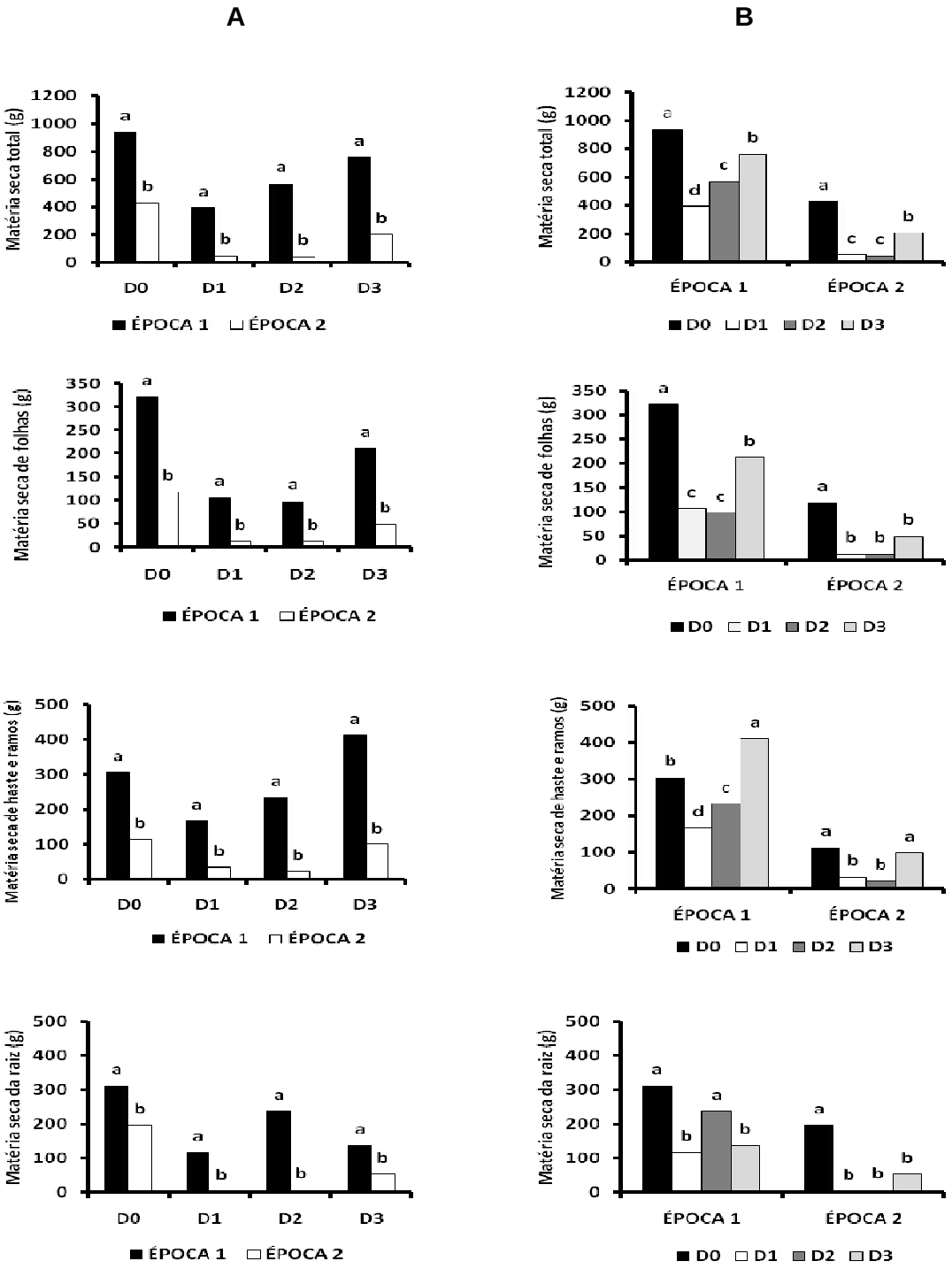


Figura 18 - Matéria seca total, matéria seca de folhas, matéria seca de haste e ramos e matéria seca de raiz das plantas do clone 1 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do - sem déficit, (D1) - déficit 1, (D2) - déficit 2, (D3) - déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009. Sendo que na coluna A foi avaliado o efeito da Época agrupando as médias do déficit hídrico e na coluna B foi avaliado o efeito dos déficits hídricos agrupando as médias das épocas.

Na Figura 18 avaliando os dados da matéria seca de raiz, verifica-se que a Época 2 apresentou médias inferiores a Época 1 em todos os déficits hídricos. Também houve influencia dos déficits hídricos, sendo que na Época 1 os D0 e D2 foram superiores aos demais e estatisticamente iguais entre si e os D1 e D3 com as menores médias também foram estatisticamente iguais. Isso evidencia que nessa época a retomada da irrigação imposta pelo D2 foi suficiente para que as plantas retomassem seu crescimento em raiz, e mesmo o D3 nos primeiros 60 dias manter a água no solo próximo a capacidade de campo, o corte da irrigação nos últimos 60 dias foi suficiente para que as plantas não apresentassem médias tão significativas quanto às do D0.

O que explica as plantas do D3 apresentarem menores médias de matéria seca de raiz do que o D2 em que o corte da irrigação foi feito anteriormente ao dele é que plantas cultivadas com adequado suprimento hídrico são, geralmente, menos resistentes ao déficit hídrico e, quando submetidas rapidamente a condições de deficiência hídrica, os mecanismos morfofisiológicos são severamente afetados (SANTOS; CARLESSO, 1998). A queda da matéria seca das raízes talvez possa ser atribuída também à constante renovação das raízes em ambientes com deficiência hídrica.

A comparação de plantas com idade semelhante em similares condições de crescimento é geralmente necessária para avaliar um declínio da taxa de crescimento causado pelo déficit hídrico (COSTELLO et al., 2003). Nesse contexto, o incremento mensal de matéria seca total das plantas (Figura 19) nos mostra uma redução com a imposição dos déficits hídricos e das épocas experimentais.

Na Época 1 o D0 se mostrou superior no incremento mensal da matéria seca total, seguido do D3 e, posteriormente do D1 e D2. Nessa avaliação verifica-se que a produção do D1 e D2 foi aparentemente cerca de 40% apenas da produção verificado no D0, e ao final do experimento percebe-se que a retomada da irrigação ocorrida no D2 foi suficiente apenas para que a planta retomasse seu crescimento verificado até os 60 dias, porém não conseguindo acompanhar o crescimento proporcionado pelo D0.

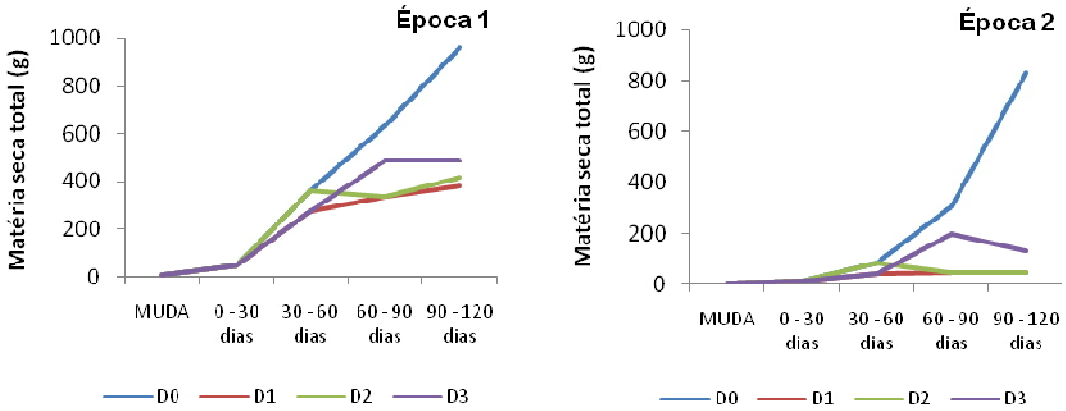


Figura 19 - Incremento mensal da matéria seca total das plantas do clone 2 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do- sem déficit, (D1)-déficit 1, (D2)-déficit 2, (D3) déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009.

Na Época 1 o incremento da matéria seca total das plantas foi mais favorecido que na Época 2. As condições climáticas exerceram uma forte influência no desenvolvimento das plantas nos primeiros 60 dias, pois a disponibilidade energética fornecia uma condição favorável à produção de fotoassimilados quando em condições de suprimento hídrico adequado. Dessa forma as plantas estavam mais adaptadas e com melhores condições de resistir às adversidades impostas pelo ambiente. O que nos permite essa conclusão é que o primeiro período experimental proporcionou um bom incremento da variável.

Na Época 2 o D0 também foi se mostrou superior no incremento em matéria seca. As plantas do D1 e D2 mostram que o déficit hídrico causou irreversível prejuízo ao crescimento sendo que no D2 após a retomada da irrigação a planta já apresentava lesões irreversíveis que mesmo com alto teor de água disponível no solo, as plantas não conseguiram retomar seu crescimento.

Quanto ao D3 apesar de até os 60 dias de experimento o incremento em matéria seca total, acompanhar o crescimento das plantas do D0, apresentou um declínio da matéria seca nos últimos dias de experimento.

Os valores médios de matéria seca total demonstram que está variável começou a ser afetada imediatamente após o início da aplicação da deficiência hídrica na segunda época experimental, em resposta a baixa disponibilidade energética nos primeiros meses de experimento que proporcionou um menor crescimento das mudas. Estas quando submetidas a deficiência hídrica resistiram menos a redução do armazenamento de água no solo.

Observa-se na Figura 20 a porcentagem da matéria seca de cada parte da planta em relação à matéria seca total. Nota-se que na Época 1 as folhas, haste e ramos e raiz contribuíram de forma semelhante com o acúmulo de matéria seca total no D0. Nas plantas do D1 e D2 as folhas foram o órgão que menos contribuiu com a matéria seca total e a haste e ramos e raiz contribuíram igualmente. Quanto ao D3 a haste e ramos também se apresentaram como o dreno principal, contribuindo de maneira mais significativa para o total de matéria seca das plantas.

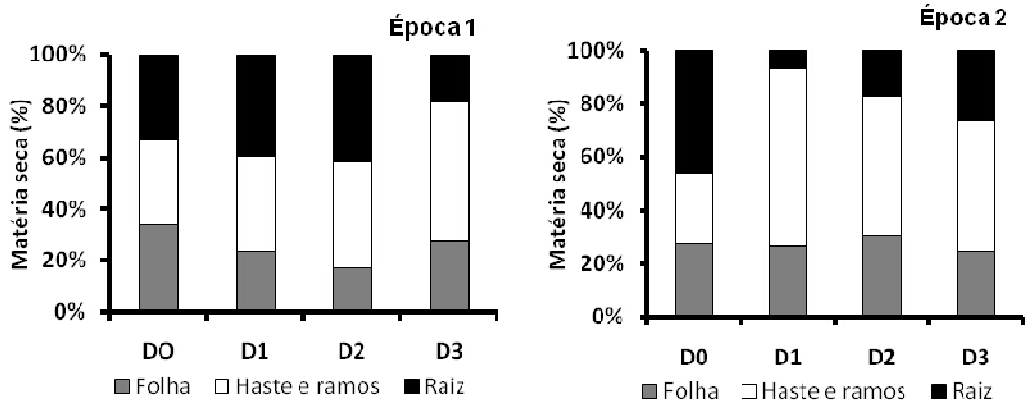
Podemos concluir então que em condições de disponibilidade hídrica suficiente para atender a demanda da plantas, no desenvolvimento inicial das mudas os órgãos folhas, haste e ramos e raízes tem uma distribuição percentual igual entre eles. Isso significa que os fotoassimilados são particionados igualmente entre os órgãos da planta.

Quando a planta precocemente é submetida a uma condição de déficit hídrico moderado há uma tendência da queda de folhas, portanto a haste e ramos da matéria seca total da planta é o órgão que mais contribui.

O resultado para a Época 2 nos mostra que para o D0 o órgão que mais contribui na partição foram as raízes. A explicação para tal fato é que nessa época, as condições ambientais não favoreciam a um rápido crescimento das plantas, portanto a planta investiu mais seus fotoassimilados em raiz para uma melhor adaptação ao solo.

Já para o D1, D2 e D3 a maior contribuição foi proporcionada pela haste e ramos. A maior proporção em porcentagem da matéria seca total de haste e

ramos em alguns déficits se deve ao fato da grande queda de folhas e renovação de raízes na tentativa de tolerância a condição estressante.



.

Figura 20 - Matéria seca (%) de folhas, haste e ramos, e raiz das plantas do clone 2 de eucalipto, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009, sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do- sem déficit, (D1)-déficit 1, (D2)-déficit 2, (D3) déficit 3, no final do experimento.

Considerada a primeira linha de defesa contra a seca, a redução da área foliar (TAIZ; ZEIGER, 2004), que é um processo movido pelo turgor e pela abscisão foliar. o turgor depende do conteúdo de água na planta, que por sua vez com a perda de água faz com que as paredes celulares das folhas se afrouxem. A abscisão foliar é a perda de folhas que geralmente ocorre após um déficit hídrico severo, portanto esses dois mecanismos reduziram a área foliar das plantas sob déficit hídrico nas duas épocas experimentais. Em povoamentos jovens, o rápido aumento da superfície da folha é muito importante para aumentar a eficiência na utilização da radiação incidente (KOZLOWSKI; KRAMER; PALLARDY, 1990).

Outro efeito danoso do déficit hídrico sobre a taxa de crescimento das mudas foi evidenciado com a avaliação da área foliar (Figura 21). Para essa variável a interação déficit x época também foi significativa. Na avaliação das épocas contatou-se que a Época 2 reduziu significativamente o desenvolvimento dessa

variável, proporcionando valores médios inferiores estatisticamente quando comparada a Época 1 em todo os déficits hídricos.

A redução em área foliar também foi fortemente induzida pelos déficits hídricos sendo que na Época 1 os D0, D2 e D3 apresentaram médias superiores ao D1. Sendo que o potencial de redução percentual em maior grau foi obtido pelo D1 com redução em torno de 71%.

Na Época 2 também houve diferença estatística entre os déficits, onde nota-se diferença estatisticamente significativa somente para ao D0, o qual foi superior aos demais.

O grau de déficit hídrico atingido pelas plantas na Época 2 foi de uma magnitude tal que fica delineada uma situação potencialmente injuriosa, ocasionando uma grande redução da área foliar das plantas nessa época. Esse grau prejudicial se mostra tão mais elevado na Época 2 que até menos nas plantas irrigadas houve uma redução significativa, outro fato importante é que as plantas da Época 1 recuperaram seu desenvolvimento em área foliar no D2 e na segunda época o impacto do déficit foi tão acentuado que as plantas não retomaram seu crescimento.

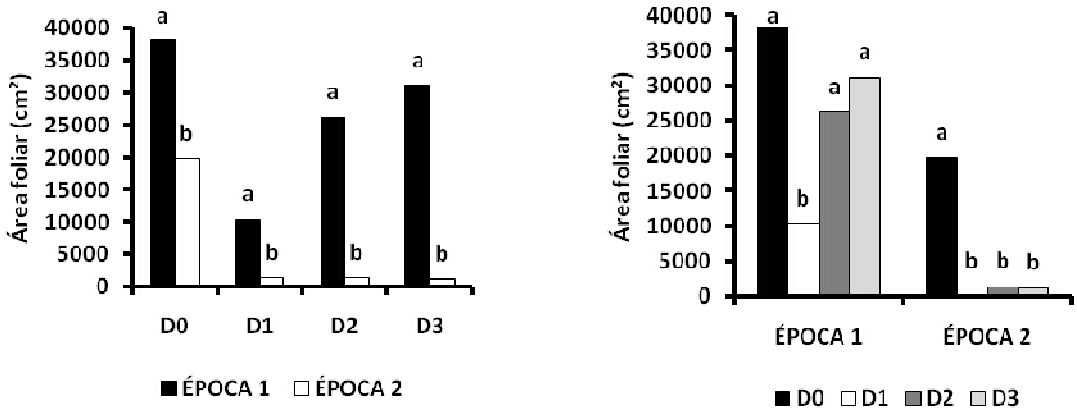


Figura 21 - Área foliar das plantas do clone 2 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do- sem déficit, (D1)-déficit 1, (D2)-déficit 2, (D3) déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009.

A indução do déficit hídrico também favoreceu a queda do número de folhas das mudas. Não houve interação déficit x época significativa e, portanto foram avaliados isoladamente.

A Figura 22 evidencia a influência da época de plantio, em que na Época 2 houve uma menor produção e que o número de folhas produzidos em cada déficit foi significativamente diferente entre os demais. Dessa forma a indução do déficit hídrico nas plantas favoreceu a redução do número de folhas com valores de 60%, 48% e 25% para os déficits 1, 2 e 3 respectivamente em relação as plantas do D0.

Além da taxa de crescimento reduzida, o número de folhas é frequentemente reduzido em plantas estressadas (COSTELLO et al., 2003). É sabido que a deficiência hídrica causa uma série de modificações no desenvolvimento das plantas retardando o crescimento, e se o déficit for severo as plantas que sobrevivem são as que apresentam maior capacidade de adaptação as condições limitantes. Diante disso, a abscisão foliar pode ser considerada uma estratégia de adaptação das plantas, possibilitando reduzir rapidamente a sua superfície transpiratória evitando a perda excessiva de água (LARCHER, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2004).

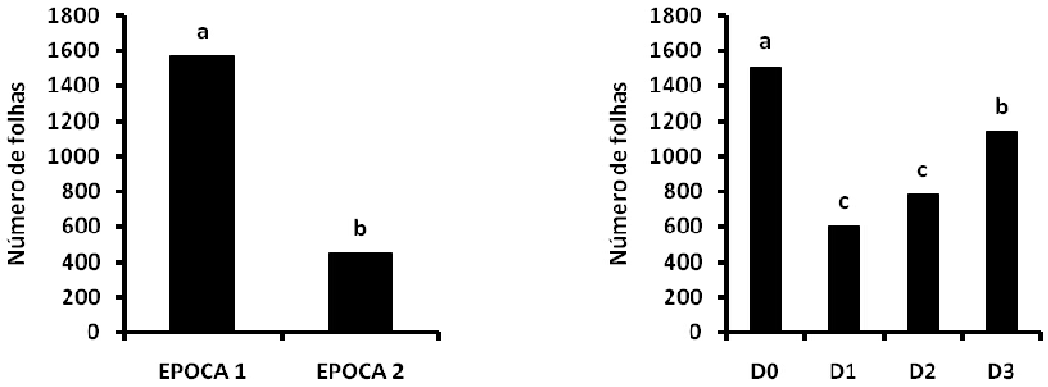


Figura 22 - Número de folhas das plantas do clone 2 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do- sem déficit, (D1)-déficit 1, (D2)-déficit 2, (D3) déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009.

Na Figura 23 é possível observar a diferença significativa entre as duas épocas experimentais, para a característica de crescimento altura. Não houve interação déficit x época significativa, portanto os dados foram avaliados isoladamente para cada fator.

Pode-se observar que em geral a Época 1 apresentou valores superiores a Época 2 que por sua vez se mostrou uma época menos propicia ao crescimento em altura. Na avaliação do efeito dos déficits hídricos nota-se que o D0 foi superior aos demais, seguido do D3 e D2 que os quais foram significativamente iguais entre si e, posteriormente pelo D1 sendo este o que menos favoreceu o desenvolvimento em altura das plantas.

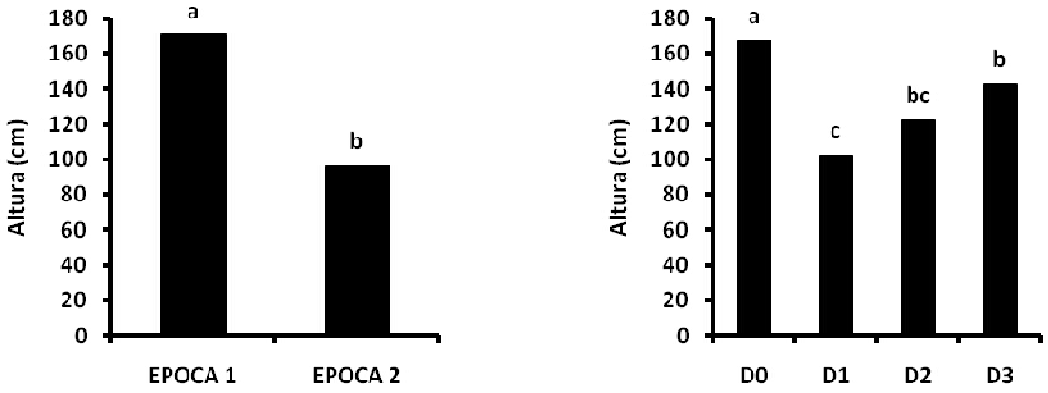


Figura 23 - Altura das plantas do clone 2 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do- sem déficit, (D1)-déficit 1, (D2)-déficit 2, (D3) déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009.

Para a variável diâmetro observando os dados da Figura 21, constata-se que houve interação déficit x época significativa. Os dados evidenciam a grande diferença estatística entre as épocas experimentais. Nesse contexto, a época que mais favoreceu o crescimento em diâmetro das plantas foi a Época 1, sendo que a Época 2 apresentou as menores médias em todos os déficits hídricos.

Quando avaliado o efeito dos déficits hídricos verifica-se que na Época 1 o D0 foi superior aos demais seguido da D2 e D3, sendo estes estatisticamente iguais entre si e, posteriormente do D1 que apresentou uma redução ainda maior que os demais déficits. Pereira et al., (2006) avaliando o desenvolvimento de mudas do híbrido *E. grandis* vs *E. urophylla* observaram um comportamento crescente em diâmetro, das plantas nos tratamentos sem deficiência hídrica, sendo observado, na avaliação aos 30 dias após implantação, um menor desenvolvimento nas plantas submetidas a déficit hídrico.

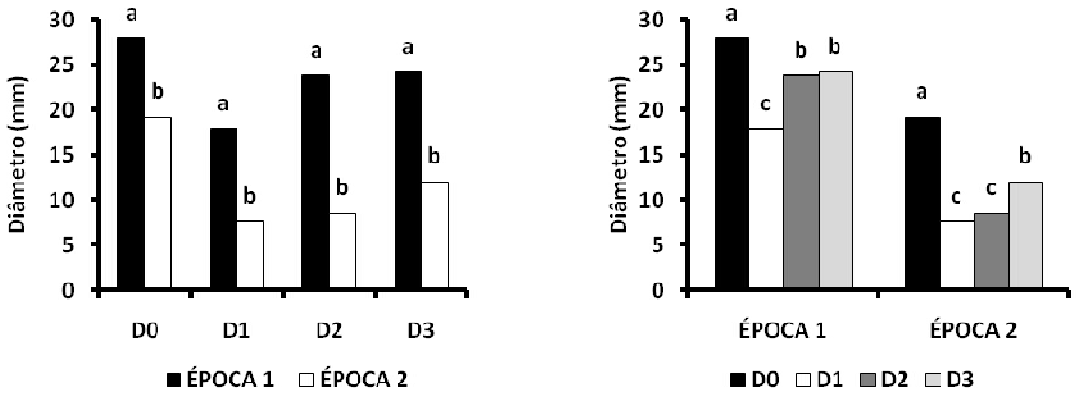


Figura 24 - Diâmetro do coleto a 5 cm do substrato das plantas do clone 2 crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficits hídricos, Do- sem déficit, (D1)-déficit 1, (D2)-déficit 2, (D3) déficit 3, no final do experimento, durante as duas épocas experimentais (Época 1) de Fevereiro a Junho de 2009 e (Época 2) de Julho a Novembro de 2009.

Em geral, as plantas mantidas sem deficiência hídrica (D0) tiveram maior desempenho em todos os parâmetros avaliados. Resultados semelhantes foram observados por Pereira et al., (2006) trabalhando com 2 clones do híbrido *E. grandis x E. urophylla* e por Vellini et al., (2008) onde todas as espécies de eucalipto avaliadas apresentaram melhor desenvolvimento das mudas quando submetidas a irrigação diariamente. Gindaba; Rozanov; Negash (2005), que estudando além de outras plantas, duas espécies de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus globulus*) também observaram que as plantas constantemente irrigadas produziram cerca de 4-6 vezes mais biomassa em comparação com as plantas sob deficiência hídrica.

5. Conclusões

O déficit hídrico e a época de plantio influenciaram na redução de todos os parâmetros morfológicos estudados. Estes apresentaram resultados mais satisfatórios na Época 1.

A Época 2 foi um período onde as plantas dos dois clones apresentaram um menor incremento de todos os parâmetros morfológicos. E mesmo, na condição potencial, sem déficit hídrico, houve maior acumulo de matéria seca na Época 1 em função da melhor condição de crescimento, caracterizada pela maior disponibilidade energética.

Para os dois clones estudados em todas as variáveis e nas duas épocas experimentais o D0 apresentou superioridade aos demais déficits.

O clone 1 não apresentou diferença estatística entre d1, d2 e d3 para as variáveis: diâmetro, área foliar, matéria seca de haste e ramos e matéria seca total, nas duas épocas experimentais. Para as variáveis: número de folhas e matéria seca de raiz, na Época 1 o D1 proporcionou crescimento inferior, seguido do D2 e D3 que foram estatisticamente iguais entre si, porém na Época 2 apenas o D0 se mostrou superior aos demais.

Para este mesmo clone na variável altura os D1 e D2 estatisticamente iguais entre si apresentaram inferioridade, seguido do D3. E quanto à matéria seca de folhas na Época 1 o déficit mais severo foi o D2, seguido do D1 e D3 ambos estatisticamente iguais.

Quanto ao clone 2 na primeira época experimental as variáveis: altura, diâmetro, área foliar, matéria seca total, e matéria seca da parte apresentaram resultados inferiores com a imposição do D1. Na Época 2 para as variáveis: diâmetro, matéria seca de haste e ramos e matéria seca total, o D1 e D2 estatisticamente iguais entre si apresentaram resultados inferiores, seguidos do D3. E quanto à área foliar, matéria seca de folhas e matéria seca de raiz apenas o D0 apresentou médias superiores aos demais déficits hídricos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e Doenças do Eucalipto**. Viçosa: UFV, 2004. 442 p.

ALLEN, R. G. et al. **Crop Evapotranspiration - Guidelines for computing crop water Requirements**. Roma, 301 p. (FAO Irrigation and drainage paper 56). 1998.

ALVARENGA, R. C. et al. Efeitos do conteúdo de água no solo e da poda de raízes sobre o crescimento de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, 1994. v.18, n.2, p.107-114.

ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera:** introdução ao tratamento biofísico. Piracicaba: Edição do autor, 2002.

BARROS, N. F. et al. Algumas relações solo-espécie de eucalipto em suas condições naturais. In: BARROS, N. F; NOVAIS. (Org). **Relação Solo-Eucalipto**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990. p. 1-24.

BARTELS, D.; SOUER, E. Molecular responses of higher plants to dehydration. *In* : **Plant responses to abiotic stress.** (Hirt, H. and Shinozaki, K., eds.). Topics in Current Genetics. 2003. v. 4, p. 151-185.

BELL, D. T.; WILLIAMS, J. E. Eucalypt ecophysiology. Capitulo 8. IN: **Eucalypt Ecology**: Individuals to ecosystems. Editado por Jann Williams e John Woinarski. 1997. Cambridge University Press.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: Noções básicas. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003.

BERGAMASCHI H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. In: _____. **Agrometeorologia aplicada à irrigação.** Porto Alegre: UFRGS, Ed. Universidade, 1992. p. 25-32.

BRACELPA, Associação Brasileira de Celulose e Papel. **Setor de Celulose e Papel.** Novembro de 2009. Disponível em: <http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/booklet/booklet.pdf > Acesso em: Nov de 2009.

CARLESSO, R.; SANTOS, R. F. Disponibilidade de água às plantas de milho em solos de diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 1999. v. 23. p. 17-25,

CARLESSO, R. **Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extraível e a produtividade das culturas**. Revista Ciência Rural, Santa Maria, 1995. v.25, n.1, p.183-188,

CHAVES, J.H. **Crescimento, fotossíntese e relações hídricas de clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos.** Viçosa: UFV, 2001. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

CHAVES, M. M. et al. How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. **Annals of botany**. v. 89, p. 907-916, 2002.

COSTELLO, L. R. et al. **Abiotic Disorders of Landscape Plants**: A Diagnostic Guide. University of California Agriculture and Natural Resources. Publication 3420. Oakland, Califórnia. 2003. 242 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de analise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EVANGELISTA, R. C**. Impacto das Mudanças climáticas na produtividade de eucalipto em duas regiões do Brasil**. 2006. 48p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

GINDABA, J.; ROZANOV, A.; NEGASH, L. Photosynthetic gas exchange, growth and biomass allocation of two *Eucalyptus* and three indigenous tree species of Ethiopia under moisture deficit. **Forest Ecology and Management**. 2005. v. 205, n. 1-3, p. 127–138.

GONÇALVES, M. R.; PASSOS, C. A. M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidos a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal,** Santa Maria, 2000. v.10, n.2, p. 145-161,

HASSE, G. **EUCALIPTO**: Histórias de um Imigrante Vegetal. Porto Alegre: JÁ Editores, 2006. 127p.

HIRT, H. Introdution. *In* : HIRT, H.; SHINOZAKI, K. (org.) **Plant responses to abiotic stress**: Topics in Current Genetics. 2003. v.4, p. 151-185.

ISMAEL, J. J. **Efeitos da fertilização nitrogenada e da umidade do substrato na aclimatação e na adaptação no campo de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (HILL ex MAIDEN)**. 2001. 106f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

KOSLOWSKI, T. T. Acclimation and Adaptive Responses of Woody Plants to Environmental Stresses. **The Botanical Review**, 2002. v. 68, n. 2, p. 270-334.

KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P.J.; PALLARDY, S.G. **The physiological ecology of woody plants.** London: Academic Press, 1990.

KLIPPEL, V. H. et al. **Impacto da deficiência hídrica na produção de matéria seca e área foliar de mudas de eucalipto**. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Belo Horizonte, MG. 2009.

LANE, P. N. J. et al. Water balance of tropical eucalypt plantations in south-eastern China. **Agricultural and Forest Meteorology**, 2004. v.124, p.253-267.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 3 ed. São Carlos: Rima, 2006.

LEVITT, J. **Response of plants to environmental stress**. II: Water radiation, salt and other stress. New York: Academic Press, 1980. 606p.

LI, C. et al. Drought responses of *Eucalyptus microtheca* provenances depend on seasonality of rainfall in their place of origin. **Australian Journal of Plant Physiology,** Victoria, 2000. v.27, n.3, p.231-238.

LIMA, W. P. Impacto ambiental do eucalipto. São Paulo, 2º Ed. Editora da Universidade de São Paulo. 1996.

LIU, A.; LATIMER, J. G. Water relations and abscisic acid levels of watermelon as affected by rooting volume restriction. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, 1995. v. 46, n. 289, p. 1011-1015.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 835-843, 2007.

LOPES, T. S. **Crescimento inicial e ecofisiologia de clones de eucalipto sob diferentes condições climáticas.** 2009. 117 f. Dissertação. (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2009.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2007. p. 47-247.

MARENGO, J. A. **Caracterização do clima no Século XX e cenários climáticos no Brasil e na América do Sul para o Século XXI, derivados dos modelos globais de clima do IPCC**. Relatório1, Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2007.

MARTINEZ, C. A. Efeitos do aumento de CO_2 atmosférico no crescimento das plantas. **Revista Ação Ambiental**: Sequestro de CO_2. Editora UFV, 2001. Ano IV, n. 21, Dezembro/Janeiro, p. 16-19.

MARTINS, F. B. **Desenvolvimento e estresse hídrico em mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) e *Eucalyptus saligna* (Smith)**. 2007. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MATZENAUER, R.; SUTILI, R. **A água na cultura do milho**. IPAGRO Informa, 1983. p. 17-32,

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A Cultura do Eucalipto no Brasil** – Eucalypt Cultivation in Brazil. Sociedade Brasileira de Silvicultura. São Paulo. 2000.

MULKEY, S. S.; WRIGHT, S. J. Influence of seasonal drought on the carbon balance of tropical forest plants. In: MULKEY, S. S.; CHAZDON, R. L.; SMITH, A. P. (Org). **Tropical Forest plant ecophysiology**. New York: Chapman & Hall, 1996. p. 187 – 216.

NOBRE,C. A. **Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima**. In: Cadernos Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Nº 3, Mudanças Climáticas**.** Vol. 1. Brasília, Secretaria de Comunicação do Governo e Gestão Estratégica. 2005. 250p.

OLIVEIRA, L. M. et al. Fatores Abióticos e Produção Vegetal. In: **Fisiologia e Produção Vegetal**. Organizado por: Renato Paiva e Lenaldo Muniz de Oliveira. Lavras. Editora UFLA. 2006.

PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; MARIN, F. R. Mudanças Climáticas Globais e a Agricultura no Brasil. **Revista Multiciência**. Campinas. ed. 8. 2007.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Guaíba: ed. Agropecuária, 2002. p. 247-267.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C., E**vapo(Transpi)Ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997.

PEREIRA, M. R. R. et al. Comportamento fisiológico e morfológico de clones de *Eucalyptus urograndis* submetidos a diferentes níveis de água no solo. **Irriga**, Botucatu, outubro-dezembro, 2006. v. 11, n. 4, p. 518-531.

PILLAR, V.D. Clima e vegetação. 1995. UFRGS. (Apostila). Disponível em: <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>. Acesso em: Nov 2009.

PREZOTTI, L.C.; et al. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo** - 5º aproximação. Vitória, ES: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p

SALASSIER, B.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 7ed. Viçosa:UFV, 2005. 611 p

SANTOS, B. R. et al. Estresse Ambiental e Produtividade Agrícola. In: **Fisiologia e Produção Vegetal**. Organizado por: Renato Paiva e Lenaldo Muniz de Oliveira. Lavras. Editora UFLA. 2006.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, 1998. v.2, n.3, p.287-294,

SENTELHAS, P. C.; NASCIMENTO, A. L. C. Variação sazonal da relação entre o saldo de radiação e a irradiância solar global. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 2003. v.18, n.1, p.71–77,

SHARP, R. E.; LENOBLE, M. E. ABA, ethylene and the control of shoot and root growth under water stress. **Journal of Experimental Botany.** 2002. v. 53, n. 366, p. 33–37.

SILVA, M. R. **Caracterizações morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (HILL ex MAIDEN) submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação**. 1998. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

STAPE, J. L. **Production ecology of clonal eucalyptus plantation in northeastern Brazil**. 2002. 225f. Tese (Pós Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade do Colorado, Fort Collins, 2002.

SOUZA, M. J. H. et al. **Déficit hídrico e radiação interceptada e refletida pela limeira ácida 'tahiti'.** Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR. 2002. p. 2225 - 2234.

SOUZA, M. J. H. et al**.** Absorção da radiação fotossinteticamente ativa pela limeira ácida “Tahiti” sob diferentes condições de déficit hídrico. **Revista brasileira de agrometeorologia**, v.12, n.1, 2004.

SOUZA, M. J. H. et al. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da Bacia do Rio Doce. **Revista Árvore.** v.30 n.3 Viçosa May/June 2006.

SUTCLIFFE , J. **As plantas e a água**. Coleção temas de biologia. Vol 23. Editora Pedagógica e Universitária LTDA (EPU). Traduzido por MACIEL, H. E. T. São Paulo, 1980.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Piracicaba: Ed. Artmed, 3. ed., 2004.

TATAGIBA, S. D. **Crescimento inicial, trocas gasosas e status hídrico de clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação.** 2006. 128 f. Dissertação. (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2006.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. dos. Relações hídricas e trocas gasosas na seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com diferenciada disponibilidade de água no solo**. Revista Floresta**, Curitiba, 2008. v. 38, n. 2, p. 10-16.

VELLINI, A. L. T. T. et al. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, 2008. v.32, n.4, p.651-663.

WALLACE, J. S. The water balance of mixed tree-crop systems. In: ORG, C. K.; HUXLEY, P. (org.) **Tree-Crop Interactions**. Cab International. 1996.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo