

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGERAL

ROGÉRIO RANGEL RODRIGUES

**DÉFICIT HÍDRICO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO CAFEIEIRO
CONILON**

ALEGRE
ESPÍRITO SANTO

2013

ROGÉRIO RANGEL RODRIGUES

**DÉFICIT HÍDRICO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO CAFEIEIRO
CONILON**

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 a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, na área de concentração Planejamento e Manejo de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis.

ALEGRE

ESPÍRITO SANTO

2013

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

R696d Rodrigues, Rogério Rangel, 1984-
Déficit hídrico no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon /
Rogério Rangel Rodrigues. – 2013.
81 f. : il.

Orientador: Edvaldo Fialho dos Reis.

Coorientador: Giovanni de Oliveira Garcia.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Café – Cultivo. 2. Irrigação. 3. Crescimento (Plantas). 4.
Disponibilidade hídrica. I. Reis, Edvaldo Fialho dos. II. Garcia,
Giovanni de Oliveira. III. Universidade Federal do Espírito Santo.
Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDU: 63

ROGÉRIO RANGEL RODRIGUES

**DÉFICIT HÍDRICO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO CAFEEIRO
CONILON**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Produção vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, na área de concentração Planejamento e Manejo de Recursos Hídricos.

Aprovada em 29 de julho de 2013.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Sc. Edvaldo Fialho dos Reis
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. Dr. Sc. Giovani de Oliveira Garcia
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Sc. José Francisco Teixeira do Amaral
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Sc. Cristiani Campos Martins Busato
Instituto Federal do Espírito Santo

Aos meus pais, Maria Luzia e Geraldo Alves,
que sempre acreditaram em mim.

OFEREÇO

“Grandes coisas fez o SENHOR por nós, por isso, estamos alegres.”

(Salmos 126:1)

Aos meus familiares.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao nosso DEUS, que nos proporcionou fé e força para romper obstáculos e galgar vitórias.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis, pelos incentivos, pelas forças e conselhos que só me fizeram crescer.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia, por ter me ajudado a conquistar novas áreas de conhecimento, bem como pela paciência ao me ensinar.

Aos meus amigos Jônathas José G, Samuel Cola, Wilian Rodrigues e os demais, pela força dada durante a execução do experimento de mestrado.

Ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, pela viabilização e oportunidade de realização do Mestrado.

Agradeço a CAPES, por viabilizar recursos financeiros para a instalação e condução do experimento.

A todos, que diretamente ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

BIOGRAFIA

Rogério Rangel Rodrigues, filho de Geraldo Alves Rodrigues e Maria Luzia Rangel Rodrigues, nasceu em Alegre, estado do Espírito Santo, no dia 13 de junho de 1984.

Em 2006, ingressou na Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, curso de Agronomia, diplomando-se em agosto de 2011.

Em agosto de 2011, ingressou no Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), na linha de pesquisa Planejamento e Manejo de Recursos Hídricos, atuando na área de manejo da irrigação, sob orientação do Professor Doutor Edvaldo Fialho dos Reis, tendo sido concluído em 29 de julho de 2013, conferindo-lhe o título de Mestre em Produção Vegetal.

RESUMO GERAL

RODRIGUES, Rogério Rangel. Universidade Federal do Espírito Santo. Julho, 2013. **Déficit hídrico no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon**. Orientador: Dr. sc. Edvaldo Fialho dos Reis. Coorientador: Dr. sc. Giovanni de Oliveira Garcia.

O Espírito Santo apresenta condições climáticas favoráveis para o cultivo da espécie *Coffea canéfora* Pierre ex Froehner, porém, o risco climático, acarretado pelo déficit hídrico é considerado um dos principais fatores que limitam a exploração desta cultura. Assim, objetivou-se com este trabalho, estudar o efeito do déficit hídrico no solo no crescimento inicial de *Coffea Canephora* Pierre ex Froehner, variedade Robusta Tropical. Para este estudo, foram montados dois experimentos em vasos de 12 litros, em casa de vegetação, na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizada no município de Alegre-ES. Utilizando o conceito de fração de água transpirável no solo (FATS), o primeiro experimento foi constituído de dois tratamentos e quatro repetições, sendo os tratamentos com déficit (T_d) e sem déficit (T_0), sendo o déficit hídrico aplicado aos 30, 60 e 90 dias após plantio. O T_0 foi irrigado diariamente, mantendo a umidade do solo próxima à umidade na capacidade de campo. No T_d o déficit foi aplicado até as plantas atingirem 10% da transpiração relativa do tratamento T_0 . Utilizando o conceito de fração de água disponível no solo (FAD), o segundo experimento foi montado em um esquema de parcelas subdivididas 4 x 5, sendo nas parcelas quatro níveis de água disponível no solo (100, 50, 30 e 10%), e nas subparcelas cinco épocas de avaliações (1º, aos 30, 60, 90 e 120 dias após início dos tratamentos), em um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, sendo os tratamentos iniciados aos 30 dias após plantio. Os parâmetros avaliados foram: matéria da parte aérea fresca e seca, matéria do sistema radicular fresco e seco, altura das plantas, diâmetro do caule, área foliar, número de folhas, transpiração relativa e coeficiente de transpiração. Também foi avaliada a recuperação das plantas após déficit hídrico. Os resultados obtidos no primeiro experimento demonstraram que as reduções das variáveis ocorreram em valores mais baixos de FATS com os tratamentos aplicados aos 60 e 90 dias após plantio, em relação ao de 30 dias. As plantas apresentaram tendência de recuperarem-se após déficit hídrico, apresentando melhores resultados nos tratamentos aplicados aos 60 e 90 dias após plantio, em relação ao de 30 dias. Para o segundo experimento, os resultados obtidos demonstraram que os níveis de 100 e 50% da água disponível apresentaram resultados semelhantes para o desenvolvimento do cafeeiro, apresentando maiores reduções quando se utilizou 30 e 10% da água disponível. Para a maioria das variáveis avaliadas, o déficit hídrico por 30 dias não afetou a recuperação das

plantas após déficit, não diferindo estatisticamente de 100% da água disponível. No entanto, com o prolongamento do déficit hídrico as plantas do cafeeiro tiveram a recuperação comprometida.

Palavras-chave: Desenvolvimento inicial, *Coffea canephora*, Disponibilidade hídrica.

GENERAL ABSTRACT

RODRIGUES, Rogério Rangel. Federal University of Espírito Santo. July, 2013. Water deficit in the initial development conilon coffee. Advisor: Dr. sc. Edvaldo Fialho dos Reis. Coadvisor: Dr. Sc. Giovanni de Oliveira Garcia.

The Espírito Santo has favorable climatic conditions for the cultivation of *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, however, climate risk entailed by water deficit is considered one of the main factors limiting the exploitation of this culture. Thus, the aim of this work to study the effect of soil water deficit on the growth of *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, Tropical Robusta variety. For this study, two experiments were mounted in 12-liter pots in the greenhouse, in the area of the Center of Agricultural Sciences of the Federal University of Espírito Santo, in the municipality of Alegre-ES. Using the concept of fraction of transpirable soil water (FTSW), the first experiment consisted of two treatments and four replications, and treatments with deficit (T_d) and without deficit (T_0), and water deficit applied at 30, 60 and 90 days after planting. The T_0 was irrigated daily, keeping the soil moisture close to field capacity moisture. T_d in the deficit was applied until the plants reach 10% of the relative transpiration treatment T_0 . Using the concept of fraction of available soil water (FAW), the second experiment was arranged in a split plot 4 x 5, and the plots four levels of available soil water (100, 50, 30 and 10%), and the subplot five assessment times (1, 30, 60, 90 and 120 days after initiation of treatment) in a completely randomized design with four replications, and treatments started 30 days after planting. The parameters evaluated were: matter of shoot fresh and dry matter of the root system cool and dry, plant height, stem diameter, leaf area, leaf number, relative transpiration and transpiration coefficient. We also evaluated the recovery of plants after drought. The results obtained in the first experiment demonstrated that the varying reductions occurred at lower values of FTSW with the treatments applied at 60 and 90 days after planting, compared to 30 days. Plants tended to recover after drought, with best results in treatments applied at 60 and 90 days after planting, compared to 30 days. For the second experiment, the results showed that levels of 100 and 50% of the available water showed similar results to the development of coffee, with greater reductions when using 30 and 10% of the available water. For most variables, the water deficit for 30 days did not affect the recovery of plants after deficit, not statistically different from 100% of the available water. However, with prolonged drought coffee plants have impaired recovery.

Keywords: Initial development, *Coffea canephora*, Water availability.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	12
REVISÃO DE LITERATURA.....	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19
CAPÍTULO 1.....	23
INFLUÊNCIA DA FRAÇÃO DE ÁGUA TRANSPIRÁVEL NO SOLO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO CAFEIEIRO CONILON.....	23
1. INTRODUÇÃO.....	25
2. MATERIAIS & MÉTODOS.....	26
3. RESULTADOS & DISCUSSÃO.....	29
3.1. Relações dos parâmetros de transpiração relativa, área foliar, número de folhas, altura e diâmetro de caule do cafeeiro conilon com a fração de água transpirável no solo (FATS).....	32
3.2. Período de recuperação após déficit hídrico.....	38
4. CONCLUSÕES.....	46
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
CAPÍTULO 2.....	51
INFLUÊNCIA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO SOLO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO CAFEIEIRO CONILON.....	51
1. INTRODUÇÃO.....	53
2. MATERIAIS & MÉTODOS.....	54
3. RESULTADOS & DISCUSSÃO.....	57
3.1. Período de Recuperação após déficit hídrico.....	68
4. CONCLUSÕES.....	73
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
APÊNDICES.....	77
APÊNDICE A - Curva de retenção de água do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado no experimento e ajustada de acordo com metodologia de Van Genuchten (1980).....	77
APÊNDICE B - Análise de variância de matéria da parte aérea fresca (MPAF), matéria da parte aérea seca (MPAS), matéria do sistema radicular fresco (MSRF) e matéria do sistema radicular seco (MSRS) do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical.....	77

APÊNDICE C - Análise de variância da altura (ALT), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical.....	78
APÊNDICE D - Análise de variância de matéria da parte aérea fresca (MPAF), matéria da parte aérea seca (MPAS), matéria do sistema radicular fresco (MSRF) e matéria do sistema radicular seco (MSRS) do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, para a avaliação da recuperação das plantas submetidas ao déficit hídrico de 30 dias.....	78
APÊNDICE E - Análise de variância da altura (ALT), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, para a avaliação da recuperação das plantas submetidas ao déficit hídrico de 30 dias.....	78
APÊNDICE F - Análise de variância de matéria da parte aérea fresca (MPAF), matéria da parte aérea seca (MPAS), matéria do sistema radicular fresco (MSRF) e matéria do sistema radicular seco (MSRS) do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, para a avaliação da recuperação das plantas submetidas ao déficit hídrico de 60 dias.....	79
APÊNDICE G - Análise de variância da altura (ALT), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, para a avaliação da recuperação das plantas submetidas ao déficit hídrico de 60 dias.....	79
APÊNDICE H - Análise de variância de matéria da parte aérea fresca (MPAF), matéria da parte aérea seca (MPAS), matéria do sistema radicular fresco (MSRF) e matéria do sistema radicular seco (MSRS) do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, para a avaliação da recuperação das plantas submetidas ao déficit hídrico de 90 dias.....	79
APÊNDICE I - Análise de variância da altura (ALT), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, para a avaliação da recuperação das plantas submetidas ao déficit hídrico de 90 dias.....	80
APÊNDICE J - Análise de variância de matéria da parte aérea fresca (MPAF), matéria da parte aérea seca (MPAS), matéria do sistema radicular fresco (MSRF) e matéria do sistema radicular seco (MSRS) do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, para a avaliação da recuperação das plantas submetidas ao déficit hídrico de 120 dias.....	80
APÊNDICE K - Análise de variância da altura (ALT), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, para a avaliação da recuperação das plantas submetidas ao déficit hídrico de 120 dias.....	80

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o maior produtor de grãos de café do mundo, sendo que 25,1% da produção nacional é derivada da espécie *Coffea canephora*, denominada de café robusta, a qual é cultivada predominantemente nos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Paraná, Bahia e Rondônia. Neste cenário, na safra de 2012, o Estado do Espírito Santo se destacou como o maior produtor dessa espécie, com 77,30% de grãos beneficiados (CONAB, 2013).

Nas regiões de menores altitudes e temperaturas elevadas do Estado do Espírito Santo, a área cultivada com *Coffea canephora* tem expandido consideravelmente nas três últimas décadas. No entanto, nessas áreas, o crescimento e a produção do cafeeiro poderiam ser mais significativos se a limitação hídrica ao cultivo não ocorresse (DIAS et al., 2005).

O Estado do Espírito Santo, sob o aspecto térmico, apresenta condições adequadas para o cultivo da espécie, no entanto a ocorrência de secas prolongadas e veranicos, principalmente no norte do estado, é o principal fator limitante à produção, prejudicando a produção dos cafeeiros em condições não irrigadas (DAMATTA & RAMALHO, 2006).

Segundo Pinto et al. (2008), com o estresse hídrico, as plantas cultivadas estão expostas constantemente a estresses abióticos que comprometem seu desenvolvimento inicial e conseqüentemente sua produção.

O déficit hídrico ocupa posição de destaque entre os vários fatores limitantes da produção vegetal, pois além de afetar as relações hídricas nas plantas, é um fator que ocorre com grande extensão nas áreas cultiváveis, afetando o desenvolvimento da planta, conseqüentemente, sua produção (NOGUEIRA et al., 2001).

No entanto, nessas áreas sob restrição hídrica, Tardieu (2005) relata que as plantas podem adquirir certas estratégias para se desenvolverem, como o encurtamento do ciclo de desenvolvimento, evitar o déficit hídrico pela redução da transpiração e aumento da absorção de água e a tolerância ao estresse hídrico.

O déficit hídrico é inversamente proporcional ao conteúdo de água no solo, pois à medida que a disponibilidade de água no solo diminui, aumenta-se o déficit hídrico no solo. A umidade do solo influencia diversos processos fisiológicos da planta, considerando seu efeito direto sobre o crescimento e indireto na absorção dos nutrientes existentes na solução do solo (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Há vários índices que podem ser utilizados para expressar a quantidade de água disponível no solo, como por exemplo, quantidade total de água armazenada (QTA),

capacidade de armazenamento de água disponível (CAD), fração de água disponível (FAD) e fração de água transpirável no solo (FATS) (MARTINS et al., 2008). O conceito de FAD por depender basicamente da taxa de uso da água e das propriedades do solo, as quais podem ser determinadas com maior facilidade nas culturas a campo, apresenta vantagem em relação aos demais índices. Porém, segundo Santos & Carlesso (1998), o conceito de FATS parece ser o que mais se aproxima como indicador da quantidade real de água no solo que pode ser extraída pelas plantas para a transpiração.

A FAD é a razão entre o conteúdo de água volumétrico das camadas do solo explorado pelo sistema radicular em um dia específico, e a quantidade de água disponível às plantas no solo (SANTOS & CARLESSO, 1998).

No conceito da FATS, assume-se que o conteúdo de água no solo utilizado pela planta para a transpiração varia entre o conteúdo de água no solo na capacidade de campo, quando é máxima, e o conteúdo de água no solo, quando a transpiração da planta é igual a 10 % da máxima (SINCLAIR & LUDLOW, 1986).

Poucos estudos têm analisado a transpiração e parâmetros de crescimento e desenvolvimento em resposta à deficiência hídrica em plantas lenhosas (SINCLAIR et al., 2005), especialmente no cafeeiro conilon (*Coffea canefora* Pierre ex Froehner), esse fato gera motivação para realização deste estudo.

REVISÃO DE LITERATURA

Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de café, com uma área estimada de 2.341.731,1 milhões de hectares e a produção estimada para a safra 2013 indica que o país deverá colher entre 46,98 e 50,16 milhões de sacas de 60 quilos do produto beneficiado. A produção do café arábica representa 74,71% da produção do País, e tem como maior produtor o Estado de Minas Gerais. O robusta participa da produção nacional com 25,1% de café beneficiado. O estado do Espírito Santo se destaca como o maior produtor dessa espécie, com 77,30% (CONAB, 2013).

A cultura do café é o maior gerador de empregos no Estado do Espírito Santo. A cafeicultura é a principal atividade econômica em 80% dos municípios e representa sozinho, 43% do PIB agrícola do Estado (CAFEICULTURA, 2011).

O Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), desde 1985, tem realizado pesquisas voltadas ao melhoramento genético em populações de café conilon (*Coffea canephora*). Como resultado desse programa, foram lançadas e recomendadas em 1993 as primeiras variedades clonais para o Espírito Santo. Dentre as variedades recomendadas, está a denominada EMCAPER 8151 - Robusta Tropical, lançada em 2000, de propagação por sementes, mais rústica, com ampla base genética e adaptada às diversas condições de cultivo no Estado (FONSECA et al., 2004).

- **Déficit Hídrico no Cafeeiro**

É variável a exigência do cafeeiro em umidade do solo, oscilando de acordo com as fases do ciclo da cultura. Nas condições do Brasil, no período de vegetação e frutificação, que vai de outubro a maio, o cafeeiro precisa de umidade disponível no solo. Na fase de colheita e repouso, de junho a setembro, a necessidade é menor e o solo pode apresentar teores de umidade mais baixos, sem causar grandes prejuízos para a planta. A deficiência hídrica nesse período pode estimular o florescimento do cafeeiro, conduzindo ainda uma floração mais uniforme no reinício das chuvas ou mesmo pela irrigação (MATIELLO et al., 2002).

O déficit hídrico no solo afeta o metabolismo, transporte e translocação de solutos na planta, a turgescência celular, a abertura e o fechamento dos estômatos e a expansão do sistema radicular no solo, sendo que uma pequena redução na disponibilidade de água pode afetar o crescimento, o desenvolvimento e, conseqüentemente, a produtividade das culturas (TAIZ & ZEIGER, 2009).

As condições adversas ao crescimento e desenvolvimento normal das culturas são chamadas de estresse. O estresse é, na maioria das definições, considerado como um desvio significativo das condições ótimas para a vida, e induz a mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, as quais são reversíveis a princípio, mas podem se tornar permanentes (LARCHER, 2000).

Entre os vários fatores estressantes que limitam a produção vegetal, o déficit hídrico ocupa posição de destaque, pois além de afetar as relações hídricas nas plantas, alterando-lhes o metabolismo, é um fenômeno que ocorre em grande extensão das áreas cultiváveis (NOGUEIRA et al., 2001).

Por isso, o conhecimento das relações entre deficiência hídrica, transpiração, crescimento e desenvolvimento são de extrema importância para o entendimento das respostas ecofisiológicas das culturas ao déficit hídrico (LARCHER, 2000).

Basicamente existem três estratégias pelas quais as plantas podem crescer e se desenvolver adequadamente em ambientes com restrição hídrica: (a) escapar do estresse, através de um curto ciclo de desenvolvimento – por razões óbvias, esse mecanismo tem importância apenas para plantas anuais; (b) evitar o déficit hídrico, através da redução da transpiração ou do aumento da absorção de água; e (c) tolerância ao estresse hídrico, mantendo o crescimento sob estresse através de mecanismos de sobrevivência (TARDIEU, 2005), tais como cutícula espessa, pilosidade densa, posição dos estômatos nas folhas, estômatos afundados na epiderme, entre outros.

A quantidade de água armazenada no solo pode ser expressa por vários índices como: a quantidade total de água armazenada (QTA), a capacidade de armazenamento de água disponível (CAD), a fração de água disponível (FAD) e a fração de água transpirável no solo (FATS) e por meio desses índices pode-se determinar a ocorrência de déficit hídrico no solo (MARTINS et al., 2008).

Para melhor entendimento desses índices, tornam-se necessários estudos que expliquem melhor a relação do desenvolvimento das plantas com os diferentes níveis de disponibilidade hídrica no solo.

Assim, a utilização de práticas para estudar a disponibilidade de água no solo pode ser uma forma de mitigar os problemas de deficiência hídrica e de incrementos à produção.

- **Fração de Água Transpirável no Solo**

Utilizando o conceito de fração de água transpirável no solo (FATS), a redução de umidade no solo foi caracterizada, segundo Sinclair & Ludlow (1986), por três estágios de

hidratação das plantas: estágio I, quando a água está disponível livremente no solo e a planta não tem deficiência hídrica e sua condutância estomática e evapotranspiração são máximas, ou seja, o conteúdo de água transpirável no solo não limita a transpiração, sendo que a transpiração por unidade de área foliar é afetada somente pela demanda atmosférica do entorno da planta; estágio II, quando a água disponível no solo diminui e a planta diminui sua condutância estomática e transpiração para manter seu balanço hídrico e turgescência celular; e o estágio III, quando os estômatos fecham e a perda de água se dá somente devido a condutância epidérmica (Figura 1).

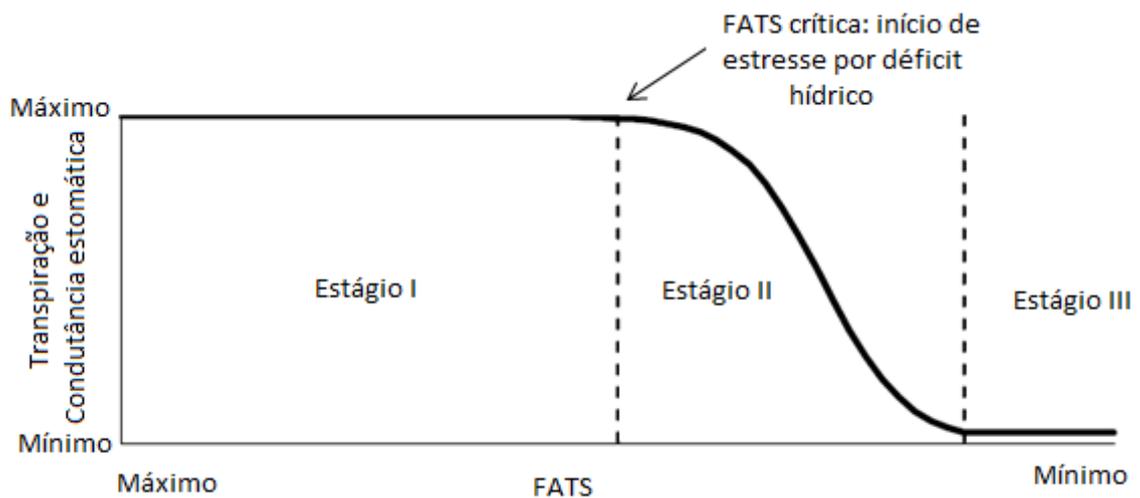


Figura 1. Representação esquemática da taxa de transpiração e condutância estomática em função da fração de água transpirável no solo - FATS, com indicativos dos estádios I, II e III. Fonte: Sinclair & Ludlow (1986).

No conceito de FATS, assume-se que o conteúdo de água no solo, utilizado pela planta para a transpiração, varia entre o conteúdo de água no solo na capacidade de campo, quando a transpiração é máxima, e o conteúdo de água no solo quando a transpiração da planta é igual a 10% da transpiração máxima. Este conceito parece ser o que mais se aproxima da realidade como indicador da quantidade real de água no solo que pode ser extraída pelas plantas para a transpiração (SANTOS & CARLESSO, 1998).

Segundo Bindi et al. (2005), na determinação e uso da FATS, são considerados apenas os estágios I e II, uma vez que no estágio III a transpiração está relacionada com a condutância epidérmica e não com a condutância estomática. Segundo Sinclair & Ludlow (1986), a variação da transpiração com a FATS segue uma resposta que tem duas fases, sendo que na primeira fase, a transpiração é máxima em uma faixa de valores de FATS que varia de um (condição de solo na capacidade de campo) até começar a ocorrer redução da transpiração das plantas devido ao início do fechamento estomático, que é chamada de FATS crítica. Na

segunda fase, a partir da FATS crítica ocorre redução na transpiração proporcional à redução na FATS até zero. Portanto, a FATS crítica é um índice de interesse, pois representa a capacidade do genótipo em responder ao déficit hídrico no solo para manter a turgescência foliar.

A FATS crítica foi determinada para várias espécies entre culturas agrícolas anuais, frutíferas e espécies florestais. Sinclair & Ludlow (1986) em três experimentos em vasos, sendo um no verão, um no outono e outro no inverno (somente com a cultura da soja) obtiveram valores de FATS crítica de 0,40 para as culturas do feijão mungo (*Vigna mungo* L. Hepper), guandu (*Cajanus cajan* L.) e soja (*Glycine max* L. Merrill), e 0,30 para o feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.).

Para milho (*Zea mays* L.), Muchow & Sinclair (1991), na Austrália, obtiveram valores de FATS crítica de 0,30 para transpiração e para crescimento foliar. Também para milho, Ray & Sinclair (1997) estudaram oito híbridos de milho em três experimentos, buscando encontrar diferenças genotípicas nos valores de FATS em que a transpiração começa ser reduzida, encontrando valores entre 0,36 e 0,60. Para a cultura da batata, Weisz et al. (1994), em um estudo em casa de vegetação, encontraram valores diferentes de FATS crítica entre as duas cultivares de batata usadas no estudo e entre transpiração e crescimento foliar. Os valores obtidos foram de 0,20 e 0,36 para transpiração e 0,56 e 0,63 para crescimento foliar, para as cultivares Belrus e Katahdin, respectivamente.

Alguns estudos também foram realizados para frutíferas, espécies arbóreas e florestais. Com videira, (*Vitis vinifera* L.) Bindi et al. (2005) obtiveram FATS crítica de 0,35 tanto para transpiração como para crescimento foliar. Para espécies arbóreas, Sinclair et al. (2005), em casa de vegetação em Cambridge, encontraram 0,35 de FATS crítica para a transpiração em tuia (*Thuja plicata*), 0,26 de FATS para bordo vermelho (*Acer rubrum*), 0,37 para falsa acácia (*Robinia pseudoacacia* L.), 0,29 para hibisco (*Hibiscus* ssp.) e 0,33 para azevinho europeu (*Ilex aquifolium* L.). Para eucalipto, Martins et al. (2008), em experimento em casa de vegetação sem controle ambiental, nas condições de início e final de primavera em Santa Maria, Rio Grande do Sul, obtiveram FATS crítica de 0,90 para o *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden e 0,70 para o *Eucalyptus saligna* Smith, evidenciando que essas espécies são muito sensíveis a redução da umidade no solo.

Em geral, os valores de FATS crítica que afetam a transpiração e o crescimento foliar nas culturas anuais nos trabalhos citados acima variaram de 0,2 a 0,6.

Apesar da maioria dos resultados convergirem para uma faixa única de valores de FATS crítica, existem algumas variações entre os diferentes estudos. Essas variações nos valores de FATS crítica poderiam ser atribuídas a diferenças de tamanho dos vasos utilizados

em cada estudo, ao tipo de solo ou a variações nas condições de demanda evaporativa do ar, o que foi constatado por Ray & Sinclair (1998), Wahbi & Sinclair (2007) e Ray et al. (2002).

- **Fração de água disponível no solo**

A FAD é a razão entre a quantidade total de água, ou seja, o conteúdo de água volumétrico disponível nas camadas do solo explorado pelo sistema radicular em um dia específico, e a quantidade de água disponível às plantas no solo. Uma vantagem da FAD sobre outros indicadores de déficit hídrico é que ela depende primariamente da taxa de uso da água e das propriedades do solo, as quais podem ser determinadas com relativa facilidade nas culturas a campo. No entanto, apesar de muito utilizado, esse conceito também apresenta desvantagens, pois nem toda a água disponível no solo é extraível pelas culturas (CARLESSO, 1995).

A água teoricamente disponível para as plantas é aquela que se encontra entre 0,1 a 0,3 atm (10 a 30 kPa) e 15 atm (1500 kPa). Diz-se teoricamente disponível porque muitas plantas, antes do solo atingir a umidade volumétrica no ponto de murcha permanente, já não conseguem absorver a quantidade necessária para seu metabolismo e transpiração. Todavia, o conceito clássico de água disponível fornece um critério para caracterizar o solo quanto à sua capacidade de armazenamento (CARVALHO & OLIVEIRA, 2012).

O solo é o reservatório de água para as plantas e sua capacidade de armazenamento de água depende de sua textura, estrutura, distribuição e diâmetro médio dos poros. A retenção da água no solo ocorre graças à atuação das forças de adesão e coesão. Assim, a proximidade das partículas do solo com as moléculas de água influencia diretamente a retenção de água no solo, bem como a granulometria dessas partículas, podendo favorecer uma maior ou menor retenção de água (MARENCO & LOPES, 2005).

A retenção de água no solo pode ser entendida por uma maior ou menor disponibilidade de água. E a disponibilidade de água está diretamente relacionada com o desenvolvimento satisfatório das plantas, sendo primordial o estudo da disponibilidade crítica de água no solo, a fim de evitar o estresse hídrico nas culturas.

Diversos autores estudaram a influência de diferentes disponibilidades hídricas no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon, entre os quais estão Dardengo et al. (2009), Oliveira et al. (2012) e Araujo et al. (2011).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, G. L.; REIS, E. F. dos.; MORAES, W. B.; GARCIA, G. de O.; NAZÁRIO, A. A. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. **Irriga**, Botucatu, v.16, n.2, p.115-124. 2011.

BINDI, M.; BELLESI, S.; ORLANDINI, S.; FIBBI, F.; MORIONDO, M.; SINCLAIR, T. Influence of water deficit stress on leaf area development and transpiration of Sangiovese Grapevines grown in pots. **American Journal of Enology and Viticulture**, Califórnia, v.56, n.3, p.68-72, 2005.

CAFEICULTURA. Cafeicultura no Espírito Santo. Cafeicultura: A revista do Agronegócio café. 2011. Disponível em: < <http://www.revistacafeicultura.com.br/ind-ex.php?tipo=ler&mat=38157&cafeicultura-no-espírito-santo.html/> >. Acesso em: 15 nov. 2012.

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

CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, L. F. C. **Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012. 240p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira: café**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/.../11_05_-10_09_04_16_boletim_ccafe_portugu...>. Acesso em: 15 maio de 2013.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 18, n. 01, p. 55-81, 2006.

DARDENGO, M. C. J. D.; REIS, E. F.; PASSOS, R. R. Influência da Disponibilidade Hídrica no Crescimento Inicial do Cafeeiro Conilon. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 6, p. 1-14, 2009.

DIAS, C. P.; ARAÚJO, W. L.; MORAES, G. A. B. K.; POMPELLI, M. F.; BATISTA, K. D.; CATEN, A. T.; VENTRELLA, M. C.; DAMATTA, F. M. Crescimento e alocação de

biomassa em duas progênies de café submetidas a déficit hídrico moderado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Anais...** Brasília: EMBRAPA/Café, 2005.1 CD-ROM.

FONSECA, A. F.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FILHO, A. C. V.; VOLPI, P. S.; ZUCATELLI, F. **Incaper 8142 – Conilon Vitória: variedade clonal de café**. Vitória, ES: INCAPER, 2004.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. 531p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2005. 451 p.

MARTINS, F. B.; STRECK, N. A.; SILVA, J. C.; MORAIS, W. W.; SUSIN, F.; NAVROSKI, M. C.; VIVIAN, M. A. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1297-1306, 2008.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura do café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ/Fundação PROCAFÉ, 2002. 387p.

MUCHOW, R. C.; SINCLAIR, T. R. Water deficits effects on maize yields modeled under current and “greenhouse” climates. **Agronomy Journal**, Madison, v.83, p.1052-1059, 1991.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleira submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 13, n. 1, p. 75-87, 2001.

OLIVEIRA, A. C. R.; PIZETTA, S. C.; REIS, E. F. dos. Análise do desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon Cultivar robusta tropical submetido a déficit hídrico. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 90, 2012.

PINTO, C. M.; TÁVORA, F. J. F. A.; BEZERRA, M. A.; CORRÊA, M. C. de M. Crescimento, distribuição do sistema radicular em amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 03, p. 429-436, 2008.

RAY, J. D.; GESCH, R. W.; SINCLAIR, T. R.; ALLEN, L. H. The effect of vapor pressure deficit on maize transpiration response to a drying soil. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 239, n. 1, p. 113–121, 2002.

RAY, J. D.; SINCLAIR, T. R. Stomatal conductance of maize hybrids in response to drying soil. **Crop Science**, Madison, v. 37, n. 3, p. 803-807, 1997.

RAY, J. D.; SINCLAIR, T. R. The effect of pot size on growth and transpiration of maize and soybean during water deficit stress. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 49, n. 325, p. 1381-1386, 1998.

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

SINCLAIR, T. R.; HOLBROOK, N. M.; ZWIENIECKI, M. A. Daily transpiration rates of woody species on drying soil. **Tree Physiology**, Oxford, v. 25, p.1469-1472, 2005.

SINCLAIR, T. R.; LUDLOW, M. M. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. **Australian Journal Plant Physiology**, Collingwood v.13, p.319-340, 1986.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

TARDIEU, F. Plant tolerance to water deficit: physical limits and possibilities for progress. **Comptes Rendus Geoscience**, Paris, v. 337, n. 1-2, p. 57-67, 2005.

WAHBI, A.; SINCLAIR, T. R. Transpiration response of Arabidopsis, maize, and soybean to drying of artificial and mineral soil. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 59, n. 2, p. 188-192, 2007.

WEISZ, R.; KAMINSKI, J.; SMILOWITZ, Z. Water deficit effects on potato leaf growth and transpiration: utilizing fraction extractable soil water for comparison with other crops. **American Potato Journal**, Orono, v. 71, n. 12, p. 829-840, 1994.

CAPÍTULO 1

INFLUÊNCIA DA FRAÇÃO DE ÁGUA TRANSPIRÁVEL NO SOLO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO CAFEIEIRO CONILON

Resumo: A fração de água transpirável no solo (FATS) influencia os processos fisiológicos e morfológicos das plantas. Assim, objetivou-se avaliar a influência da fração de água transpirável no solo no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner). O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Área Experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, em Alegre, ES, o qual foi constituído de dois tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos corresponderam à ausência (T_0) e presença (T_d) de deficiência hídrica no solo, sendo os tratamentos aplicados aos 30, 60 e 90 dias após plantio. O T_0 foi irrigado diariamente, mantendo a umidade do solo próxima à capacidade de campo. No T_d o déficit foi aplicado até as plantas atingirem 10% da transpiração relativa do tratamento T_0 . Os parâmetros avaliados foram: altura das plantas, diâmetro do caule, área foliar, número de folhas, coeficiente de transpiração e transpiração relativa. Objetivando avaliar a recuperação das plantas após déficit hídrico, as mesmas foram mantidas, por 30 dias, com umidade do solo próxima a capacidade de campo. Os dados obtidos indicam que todos os parâmetros avaliados, na primeira época de déficit hídrico, começaram a sofrer reduções com valores de FATS próximos de 1,0. Porém, à medida que o déficit hídrico foi aplicado em plantas mais desenvolvidas, os parâmetros avaliados sofreram reduções em valores mais baixos de FATS. Nenhum dos parâmetros avaliados no tratamento T_d apresentou recuperação à semelhança do tratamento T_0 , independentemente da época de déficit hídrico.

Palavras-chave: *Coffea canephora*, disponibilidade hídrica, déficit hídrico.

INFLUENCE OF FRACTION OF TRANSPIRABLE SOIL WATER IN INITIAL DEVELOPMENT CONILON COFFEE

Abstract: The fraction of transpirable soil water (FTSW) influences the morphological and physiological processes of plants. The objective was to evaluate the influence of the fraction of water in the soil breathable early development conilon coffee (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner). The experiment was conducted in a greenhouse at the Experimental Center of Agricultural Sciences of the Federal University of Espírito Santo, Alegre, ES, which consisted of two treatments and four replications. The treatments consisted of absence (T_0) and presence (T_d) of soil water deficit, with the treatments applied at 30, 60 and 90 days after planting. The T_0 was irrigated daily, keeping the soil moisture close to field capacity. T_d in the deficit was applied until the plants reach 10% of the relative transpiration treatment T_0 . The parameters evaluated were: plant height, stem diameter, leaf area, number of leaves, transpiration coefficient and relative transpiration. To evaluate the recovery of plants after drought, they are kept for 30 days with soil moisture close to field capacity. The data indicate that all parameters in the first season of drought, began to suffer reductions FTSW with values near 1.0. However, the extent to which the water deficit was applied in more developed plants, the parameters evaluated were reduced at lower values of FTSW. None of the parameters evaluated in the treatment T_d showed recovery similar to the T_0 treatment, regardless of the time of drought.

Keywords: *Coffea canephora*, water availability, water deficit.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a cafeicultura é uma importante atividade do setor agropecuário, sendo notório o destaque de todo o sistema agroindustrial do café em termos de uso de mão de obra e fixação do homem ao campo, geração de empregos nos setores à montante e à jusante da produção primária, bem como em termos de obtenção de divisas externas e arrecadação tributária (Ferrão et al., 2007).

No País, o plantio do cafeeiro conilon geralmente está situado em regiões em que as condições climáticas e balanço hídrico são favoráveis. No entanto, com o progresso técnico-científico e a utilização de práticas agrícolas modernas como a irrigação, as áreas que apresentam estiagem prolongada, outrora marginalizadas, estão sendo incorporadas para o plantio de café (MARTINS et al., 2007).

Para Pezzopane et al. (2009), o Estado do Espírito Santo apresenta ótimas condições térmicas para o cultivo do cafeeiro conilon, porém, com alto risco climático para o aspecto hídrico, principalmente no norte do Estado, onde o cultivo de café conilon tem ocorrido em regiões onde a deficiência hídrica é o principal fator limitante à produção.

A exigência em disponibilidade de água no solo para o cafeeiro conilon é variável, encontrando necessidades diferenciadas de acordo com as fases de desenvolvimento da cultura (MATIELLO et al., 2002),

O déficit hídrico é considerado o principal fator que limita a produtividade do cafeeiro, pois grande parte dos cultivos de café no Brasil se encontra em regiões que apresentam restrição hídrica e que, segundo Lima (2001), o emprego da irrigação poderia minimizar esse problema, trabalhando com diferentes disponibilidades hídricas nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura.

Alguns índices podem ser utilizados para expressar a água disponível no solo, tais como: a quantidade total de água armazenada (QTA), a capacidade de armazenamento de água disponível (CAD), a fração de água disponível (FAD) e a fração de água transpirável no solo (FATS) (MARTINS et al., 2008).

Segundo Santos & Carlesso (1998), dentre os índices acima citados, a FATS parece ser o melhor indicador da quantidade real de água no solo que pode ser extraída pelas plantas para a transpiração. No conceito da FATS, é assumido que o conteúdo de água no solo utilizado pela planta para a transpiração varia entre o conteúdo de água no solo na capacidade de campo, quando a transpiração é máxima, e o conteúdo de água no solo, quando a transpiração da planta é iguala 10% da transpiração máxima (SINCLAIR & LUDLOW, 1986).

O déficit hídrico ocorre com frequência durante o ciclo de desenvolvimento do cafeeiro, podendo apresentar um considerável impacto negativo no crescimento e desenvolvimento da cultura. Assim, diante deste cenário, há a necessidade de estudar mais detalhadamente os processos fisiológicos e morfológicos do cafeeiro conilon em resposta às diferentes frações de água transpirável no solo.

Respostas do crescimento inicial do cafeeiro conilon à fração de água transpirável no solo (FATS) são recentes, o que constitui a motivação da pesquisa.

2. MATERIAIS & MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação instalada na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), localizada no município de Alegre-ES, latitude 20°45'48" Sul, longitude 41°29' 27" Oeste e altitude de 123m. O clima da região é do tipo "Aw" com estação seca no inverno, de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura anual média é de 23°C e a precipitação anual em torno de 1.200 mm.

Foram utilizadas mudas de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, conhecida como café Conilon, variedade Robusta Tropical (EMCAPER 8151 – Robusta Tropical), proveniente de viveiro de mudas de café próxima à região de Alegre, ES.

O solo utilizado no experimento é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo. O solo foi destorroado, passado em peneira de 4 mm e homogeneizado. A aplicação de adubos químicos foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Novais et al. (1991) para ambiente controlado. Foram realizadas análises química e físico-hídrica do solo utilizado no experimento. As características químicas do solo estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Atributos químicos do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado como substrato

pH	P	K	Na	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³						
6,00	3,00	59,00	4,00	0,00	1,40	1,00	1,70	2,51	4,18	60,10

Extração e determinação: pH em água (1:2,5); P, K, Na: Mehlich 1; Ca, Mg, Al: KCl (1M); H+Al: acetato de cálcio (0,5M), CTC a pH 7,0.

Na análise físico-hídrica do solo determinou-se: a umidade do solo na capacidade de campo (CC) na tensão de 0,01 Mpa, e no ponto de murcha permanente (PMP) na tensão de

1,5 MPa, granulometria (areia, silte e argila), densidade do solo, densidade de partícula e porosidade total, segundo EMBRAPA (1997), conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Atributos físico-hídricos do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado como substrato

Análise Granulométrica			Ds ⁽¹⁾	Dp ⁽²⁾	P _T ⁽³⁾	CC ⁽⁴⁾	PMP ⁽⁵⁾
Areia	Silte	Argila					
----- % -----			----- kg dm ⁻³ -----		m ⁻³ m ⁻³		-----%-----
43,10	9,60	47,10	1,03	2,63	0,608	28,57	13,24

⁽¹⁾Ds = densidade do solo; ⁽²⁾Dp = densidade de partícula; ⁽³⁾P_T = porosidade total; ⁽⁴⁾CC = percentual de umidade no solo na capacidade de campo; ⁽⁵⁾PMP = percentual de umidade no solo no ponto de murcha permanente.

O experimento foi constituído de dois tratamentos (com déficit hídrico – T_d e sem déficit hídrico – T₀) e quatro repetições. Os tratamentos foram iniciados aos 30, 60 e 90 dias após o plantio. As plantas que receberam o tratamento T₀ foram irrigadas diariamente, mantendo a umidade do solo próxima à capacidade de campo. No tratamento T_d, o déficit foi aplicado até as plantas atingirem 10% da transpiração relativa do tratamento T₀.

Foram mantidas quatro plantas por tratamento sendo irrigadas por mais 30 dias, no intuito de avaliar a recuperação das plantas após passarem por período de déficit hídrico.

Cada parcela experimental foi constituída por um vaso com capacidade para 12 L, que foi saturado com água e submetido à drenagem natural por 48 horas, a fim de atingir a capacidade de campo, sendo determinado o peso inicial na capacidade de campo (Pcci). Cada vaso foi revestido lateralmente com papel branco para reduzir a absorção de radiação solar a fim de reduzir o aquecimento do solo e na superfície do solo, foi colocado isopor (de 1,5cm de espessura) para minimizar a perda de água pela evaporação direta do solo, a fim de reduzir o erro experimental, pois o conceito de fração de água transpirável no solo (FATS) trabalha com a perda de água através da transpiração da planta.

Foi adotado o limite de 10% da transpiração relativa por assumir-se que abaixo desta taxa de transpiração os estômatos estão fechados e a perda de água é devida apenas a condutância epidérmica. A transpiração relativa (TR) foi calculada pela equação 1 (SINCLAIR & LUDLOW, 1986).

$$TR = \frac{TDT_d}{TDT_0} \quad (1)$$

em que:

TR = Transpiração relativa;

TDT_d = Transpiração diária dos tratamentos que sofrem déficit, em L; e

TDT_0 = Média da Transpiração diária do tratamento T_0 , em L.

Para avaliar as respostas ecofisiológicas do cafeeiro ao déficit hídrico, foi utilizado o conceito da fração de água transpirável no solo (FATS), utilizado por alguns autores, tais como Bindi et al. (2005) e Sinclair et al. (2005). A fração de água transpirável no solo foi calculada pela equação 2 (SINCLAIR & LUDLOW, 1986).

$$FATS = \frac{P_{diário} - P_f}{P_{cci} - P_f} \quad (2)$$

em que:

$P_{diário}$ – Peso da parcela experimental em cada dia, em kg;

P_{cci} – Peso inicial de cada parcela experimental na capacidade de campo, em kg; e

P_f – Peso final, em kg.

O peso final foi obtido quando a parcela atingiu 10% da transpiração relativa do T_0 . Ao final da tarde de cada dia, todos os vasos foram pesados em uma balança eletrônica. Logo após a pesagem das plantas de cada tratamento, com exceção das plantas que estiveram em déficit hídrico, foram irrigadas com a quantidade de água perdida pela transpiração. A quantidade de água foi determinada pela diferença entre o peso do vaso no dia específico e o peso inicial (capacidade de campo). Durante a vigência da deficiência hídrica no solo, as plantas não receberam água.

Para avaliar a influência da deficiência hídrica no solo sobre o crescimento inicial do cafeeiro conilon, foram avaliados os seguintes parâmetros: altura das plantas (ALT - que compreende o comprimento da haste principal do nível do solo até a gema apical), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF) e número de folhas (NF), sendo esses parâmetros avaliados a cada três dias. Na contagem do NF, cada folha foi considerada visível quando apresentou pelo menos 1 cm de comprimento, sendo a área foliar determinada pelo método de Barros (BARROS, 1973). O diâmetro do caule foi medido a 2 cm do solo, utilizando-se o paquímetro digital.

Os dados dos parâmetros avaliados no tratamento T_d foram correlacionados com os do tratamento T_0 , para ajustamento a uma função logística da variável FATS.

Também foi determinado o coeficiente de transpiração (CT), que é um indicador utilizado na comparação da eficiência do uso da água pelas plantas. Segundo Silva et al.

(2004), o CT fornece a quantidade de água necessária, em litros, para a produção de 1 kg de biomassa ($\text{L H}_2\text{O kg}^{-1}$ matéria seca) e foi determinado pela equação 3.

$$CT = \frac{TAT}{MS_f - MS_i} \quad (3)$$

em que:

TAT – Total de água transpirada em cada tratamento, em L;

MS_f – Biomassa final de cada tratamento, em kg; e

MS_i – Biomassa inicial de cada tratamento, em kg.

A biomassa foi obtida em estufa a $65 \sim 70^\circ \text{C}$ por 72 horas. As temperaturas máximas e mínimas foram determinadas durante todo o experimento.

Os parâmetros avaliados foram plotados em função da FATS, sendo ajustado à equação logística por análise de regressão não linear (SINCLAIR & LUDLOW, 1986), utilizando Software estatístico para estimar os valores de FATS crítica.

3. RESULTADOS & DISCUSSÃO

Durante as três épocas de déficit hídrico (30, 60 e 90 dias após plantio) não ocorreram grandes variações nas condições de temperatura atmosférica, apresentando temperatura média de $30,09^\circ \text{C}$ (no período de 02/10/2012 a 02/11/2012), de $28,46^\circ \text{C}$ (no período de 02/11/2012 a 02/12/2012), de $32,79^\circ \text{C}$ (no período de 02/12/2012 a 01/01/2013) e de $32,31^\circ \text{C}$ (no período de 01/01/2013 a 16/01/2013) (Figura 1).

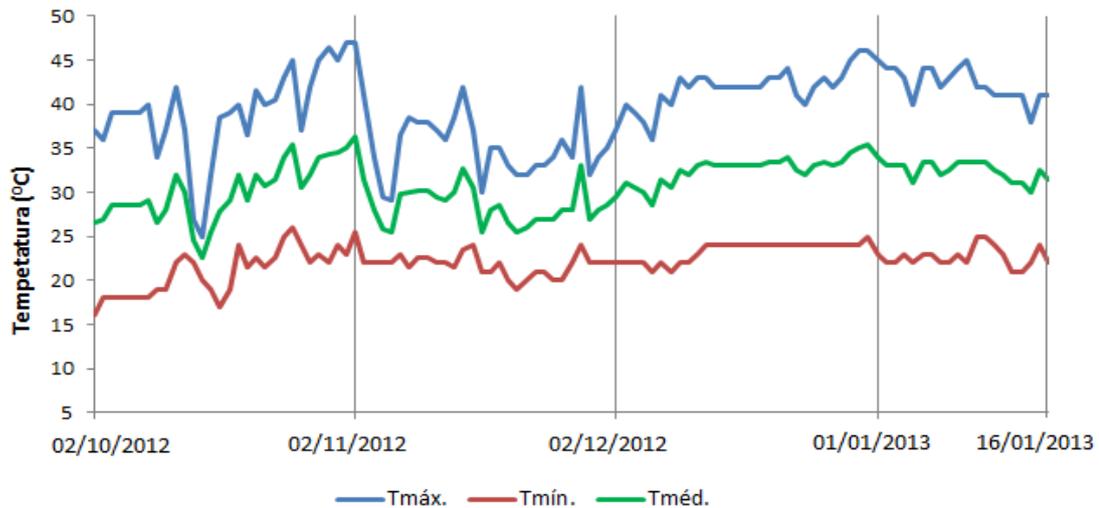


Figura 1: Temperatura máxima, mínima e média, no interior da casa de vegetação, referente ao período de 2 de outubro de 2012 a 16 de janeiro de 2013.

O plantio das mudas de café foi realizado no dia 02/10/2012. A primeira época de déficit hídrico foi iniciada no dia 02/11/2012 (30 dias após o plantio), sendo finalizada no dia 11/12/2012, totalizando quarenta dias de tratamento. A segunda época de déficit hídrico foi iniciada no dia 02/12/2012 (60 dias após o plantio), sendo finalizada no dia 21/12/2012, totalizando vinte dias de tratamento. A terceira e última época de déficit foi iniciada no dia 01/01/2013 (90 dias após o plantio), sendo finalizada no dia 16/01/2013, totalizando dezesseis dias de tratamento.

À medida que o déficit hídrico foi aplicado nas plantas mais desenvolvidas (aos 60 e 90 dias), o período em que as mesmas permaneceram em déficit foi reduzido. Esse fato está associado ao consumo diário de água do cafeeiro (transpiração diária), que por sua vez está diretamente ligado ao desenvolvimento da área foliar. Dessa forma, com o aumento da área foliar, a transpiração foi elevada, o que acelerou o processo de retirada de água do solo.

Observa-se na Tabela 3, que o consumo diário de água apresentou elevações no período experimental, nos dois tratamentos. Esse resultado é decorrente do crescimento das plantas e aumento da área foliar. Observou-se também que o consumo diário de água das plantas foi maior no tratamento sem déficit, independentemente da época em que o déficit hídrico foi aplicado.

Tabela 3-Transpiração total média por planta - T_{med} (L/planta/dia), consumo médio diário de água por planta (L/planta/dia) e coeficiente de transpiração - CT- (L H₂O kg⁻¹ de biomassa), para o cafeeiro conilon (*Coffea canephora*), variedade Robusta Tropical, nos déficits hídricos (T_0 , sem déficit hídrico e T_d , com déficit hídrico), em três épocas de déficit hídrico (30, 60 e 90 dias após plantio), em casa de vegetação, Alegre, ES, 2012/2013

Época de déficit hídrico		T_0	T_d
30 dias	T_{med}	2,89 (0,19)	1,92 (0,13)
	Consumo	0,15 (0,08)	0,10 (0,06)
	CT	414,20	440,12
60 dias	T_{med}	3,24 (0,27)	1,69 (0,12)
	Consumo	0,27 (0,09)	0,15 (0,11)
	CT	314,02	365,06
90 dias	T_{med}	3,55 (0,33)	3,28 (0,10)
	Consumo	0,42 (0,06)	0,25 (0,06)
	CT	277,75	363,26

Valores entre parênteses correspondem a um desvio padrão da média.

Na Tabela 3, pode-se observar que a transpiração total média dos tratamentos sem déficit hídrico, foi superior aos tratamentos que receberam déficit hídrico, independentemente da época em que o déficit foi aplicado. Esse fato pode estar ligado à diminuição do conteúdo de água nas plantas submetidas ao déficit hídrico, resultando no fechamento estomático.

A transpiração total média do tratamento com déficit hídrico, na época de 60 dias, foi menor (1,69 L/planta/dia) que a transpiração total média do tratamento sem déficit hídrico (3,24 L/planta/dia) na mesma época. Esse fato possivelmente pode ser explicado devido à redução do período de tratamento das plantas submetidas ao déficit hídrico aos 60 dias após plantio, sendo esse período de 20 dias.

Nas três épocas de déficit hídrico, as plantas que não foram submetidas ao déficit hídrico utilizaram menos água para a produção de 1 kg de biomassa, mostrando maior eficiência de uso da água quando comparadas às plantas submetidas ao déficit hídrico. Resultado semelhante foi observado por Araujo (2011), estudando o efeito do déficit hídrico sobre o desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon e arábica. Porém, encontrou um CT maior no T_0 para a terceira época de déficit hídrico no cafeeiro conilon. O mesmo autor observou que para o cafeeiro arábica, as plantas submetidas ao estresse hídrico consumiram menos água para a produção de 1 kg de biomassa. Araújo (2011) conclui que, em suas condições

experimentais, o cafeeiro arábica se mostrou mais eficiente no uso da água quando comparado ao cafeeiro conilon.

Independente dos tratamentos, o CT diminuiu à medida que as plantas se desenvolveram, encontrando valor de 414,20 L H₂O kg⁻¹ de biomassa para déficit hídrico iniciado aos 30 dias; de 314,02 L H₂O kg⁻¹ de biomassa aos 60 dias e de 277,75 L H₂O kg⁻¹ de biomassa aos 90 dias. Esse fato pode estar relacionado a uma maior eficiência estomática que as plantas adquirem à medida que se desenvolvem, tornado mais eficiente no uso da água.

Os valores de CT encontrados são menores que os encontrados por Balbino et al. (2003) na cultura da soja (700 L H₂O kg⁻¹ de biomassa), próximos aos encontrados pelo mesmo autor para o milho (300 a 400 L H₂O kg⁻¹ de biomassa) e menores que os encontrados por Araujo (2011), para o cafeeiro conilon, em 36 e 23 dias de déficit hídrico (614,48 e 518,23 L H₂O kg⁻¹ de biomassa, respectivamente).

3.1. Relações dos parâmetros de transpiração relativa, área foliar, número de folhas, altura e diâmetro de caule do cafeeiro conilon com a fração de água transpirável no solo (FATS)

Nas três épocas de avaliação, observou-se que ocorreram tendências no decréscimo de todos os parâmetros avaliados em função do decréscimo da variável FATS até zero, porém, ocorreram diferenças significativas na forma como estas variáveis decresceram.

O decréscimo de cada variável foi descrito por uma equação logística, como foi relatado em estudos com outras espécies (AMIR & SINCLAIR, 1991; LECOEUR & SINCLAIR, 1996; RAY & SINCLAIR, 1997).

Todas as equações logísticas, nas três épocas de déficit hídrico, apresentaram boa precisão, com valores elevados de eficiência do modelo (Em) e baixos valores de erro padrão da estimativa (Syx).

As relações entre as variáveis, transpiração relativa (TR) e fração de água transpirável no solo (FATS), nas três épocas de déficit hídrico, encontram-se na Figura 2, em que se observa o decréscimo da TR à medida que a FATS diminui até zero.

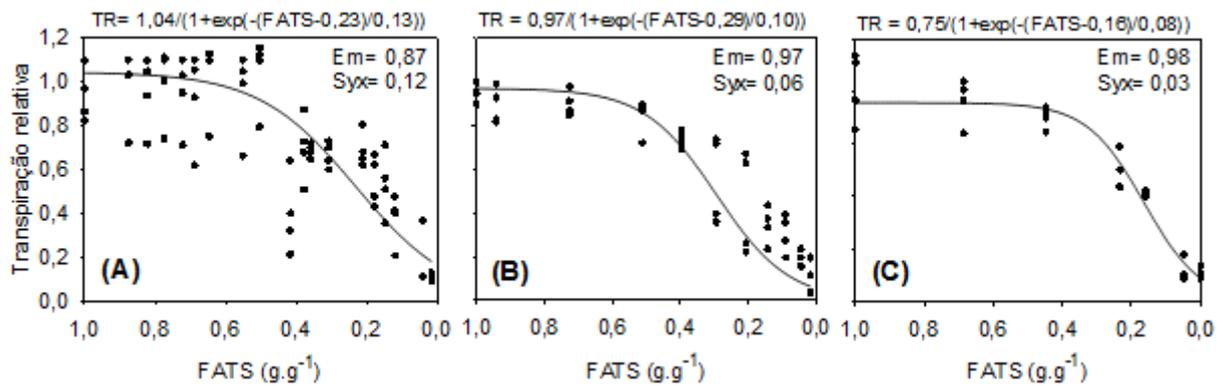


Figura 2. Transpiração relativa do cafeeiro conilon (TR) em função da fração de água transpirável no solo (FATS), em três épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio; “B”- 60 dias após plantio e; “C”- 90 dias após plantio), em casa de vegetação. Em: Eficiência do modelo, Syx: Erro-padrão da estimativa.

O valor da FATS em que se inicia a redução da TR (estádio I da transpiração) ocorre quando a curva estimada pela equação logística afasta-se de 1 e inicia o decréscimo linear (ponto crítico) (SINCLAIR & LUDLOW, 1986). Assim, pode-se observar que o valor de FATS para o cafeeiro conilon robusta tropical, em que se iniciou a redução da TR (o ponto crítico) foi de aproximadamente 0,85 com início do déficit hídrico aos 30 dias após plantio, de aproximadamente 0,7 aos 60 dias após plantio e de 0,6 aos 90 dias após plantio.

Resultado semelhante foi encontrado por Araujo (2011), encontrando valores de FATS de 0,8 para a primeira e segunda época de déficit hídrico e valor de 0,6 para a terceira época de déficit.

Apesar da maioria dos resultados convergirem para uma faixa única de valores de FATS crítica, existem algumas variações entre os diferentes estudos. Essas variações nos valores de FATS crítica poderiam ser atribuídas a diferenças de tamanho dos vasos utilizados em cada estudo, ao tipo de solo ou a variações nas condições de demanda evaporativa do ar (LAGO, 2011).

O fechamento estomático a um maior valor de FATS durante um déficit de curta duração, segundo Ray & Sinclair (1997), será traduzido em perda de produtividade. Porém, em condições de monocultura, a espécie que fecha os estômatos em maior FATS irá poupar água e aumentar suas chances de sobrevivência durante as secas de longo prazo.

Segundo Bindi et al. (2005), o fechamento estomático ocorre quando a transpiração relativa começa a ser reduzida, marcando a transição entre o estágio I e II da transpiração. O valor de FATS encontrado é considerado alto, quando comparado com culturas anuais, o que pode ser visto como uma vantagem para esta espécie (SINCLAIR et al., 2005). O fechamento estomático em uma condição de umidade do solo mais alta resulta na conservação da água no

solo e constitui uma adaptação da espécie, característica que contribui possivelmente para melhor suportar a deficiência hídrica prolongada (MUCHOW & SINCLAIR, 1991).

Os diferentes valores de FATS determinados nas três épocas de déficit hídrico indicam que o cafeeiro conilon robusta tropical apresentou resposta superior ao déficit hídrico de curta duração, quando o déficit hídrico foi iniciado aos 60 e 90 dias após plantio, pois apresentaram menores valores de FATS. Observa-se que aos 30 dias após plantio, as plantas apresentaram redução na transpiração em maior valor de FATS, indicando que a resposta do cafeeiro ao déficit hídrico de curta duração é comprometida, pois apresenta fechamento estomático assim que a umidade do solo começa a ser reduzida. O fechamento estomático compromete a fotossíntese da planta, paralisando a produção de fotoassimilados, conseqüentemente o seu desenvolvimento.

Os valores de FATS no qual se iniciou a redução da TR do cafeeiro conilon foram superiores aos encontrados em algumas espécies perenes como a videira (FATS = 0,35) (BINDI et al., 2005), tuia (FATS = 0,35), algarrobeira (FATS = 0,30), hibisco (FATS = 0,30), azevinho europeu (FATS = 0,30) e bordo vermelho (FATS = 0,25) (SINCLAIR et al., 2005), porém, foram próximos aos obtidos para *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* (FATS = 0,7) (MARTINS et al., 2008).

A relação entre o parâmetro área foliar (AF) e fração de água transpirável no solo (FATS), nas três épocas de déficit hídrico, encontram-se na Figura 3, em que se observa o decréscimo da AF à medida que a FATS diminui até zero.

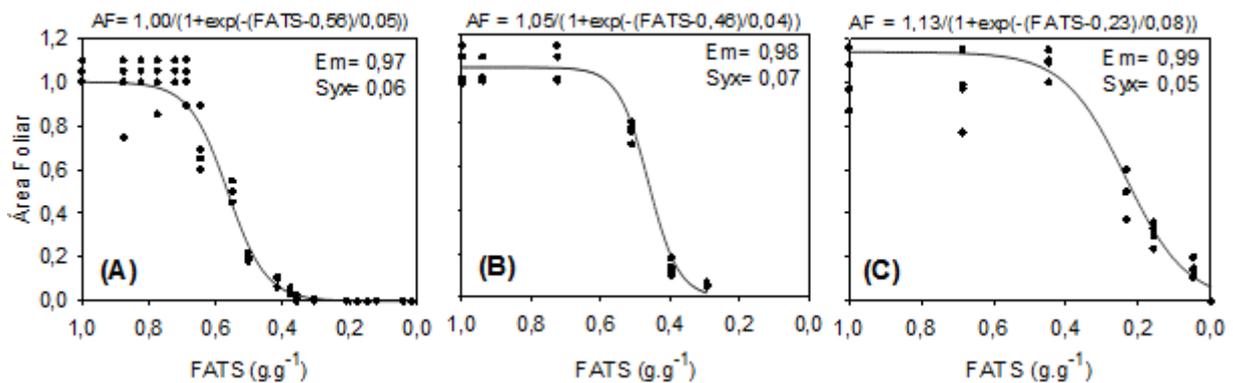


Figura 3. Área foliar do cafeeiro conilon (AF) em função da fração de água transpirável no solo (FATS), em três épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio; “B”- 60 dias após plantio e; “C”- 90 dias após plantio), em casa de vegetação. Em: Eficiência do modelo, Syx: Erro-padrão da estimativa.

Na Figura 3, pode-se observar que na primeira época de déficit hídrico a área foliar começou a reduzir a um valor elevado de FATS, aproximadamente 0,9, o que segundo

Muchow & Sinclair (1991) conserva água no solo e é um critério adaptativo da planta para suportar uma deficiência hídrica prolongada.

Na segunda e na terceira época de déficit hídrico (aos 60 e 90 dias após plantio), o cafeeiro apresentou redução no valor da FATS no qual a AF começou a ser reduzida, apresentando valores de aproximadamente 0,7 na segunda época e de 0,6 na terceira época. Araujo (2011), utilizando o conceito de FATS para estudar o efeito do déficit hídrico no solo, encontrou valores de FATS de próximo de 1,0 para a primeira época de déficit, de 0,6 na segunda época e de 0,4 na terceira época.

Os valores de FATS crítica maiores para o crescimento foliar são explicados pelo fato de que a redução da área foliar é a primeira linha de defesa da planta ao déficit hídrico. Assim, logo no início do déficit hídrico a perda de turgor nas células do mesófilo reduz o potencial de pressão interna destas células, resultando em menor expansão da parede celular (TAIZ & ZEIGER, 2009), reduzindo, portanto, o crescimento foliar.

A área foliar está diretamente ligada à transpiração do cafeeiro, fato que pode ser confirmado ao avaliar as Figuras 2 e 3, que apresentam valores semelhantes de FATS. Observa-se na Figura 2 que a TR do cafeeiro conilon obteve redução em valores mais baixos de FATS, quando o déficit hídrico foi aplicado aos 60 e 90 dias após plantio, sendo este comportamento também observado para a variável AF na Figura 3. Ao observar a aplicação do déficit hídrico aos 60 e 90 dias após plantio, observa-se que mesmo com a redução gradativa da FATS até o ponto crítico, o cafeeiro conilon continua com o desenvolvimento da área foliar, fazendo com que os danos na transpiração do cafeeiro fossem retardados.

As relações entre as variáveis, número de folha normalizada (NF) e fração de água transpirável no solo (FATS), nas três épocas de déficit hídrico, encontram-se na Figura 4, em que se observa o decréscimo da NF à medida que a FATS diminui até zero.

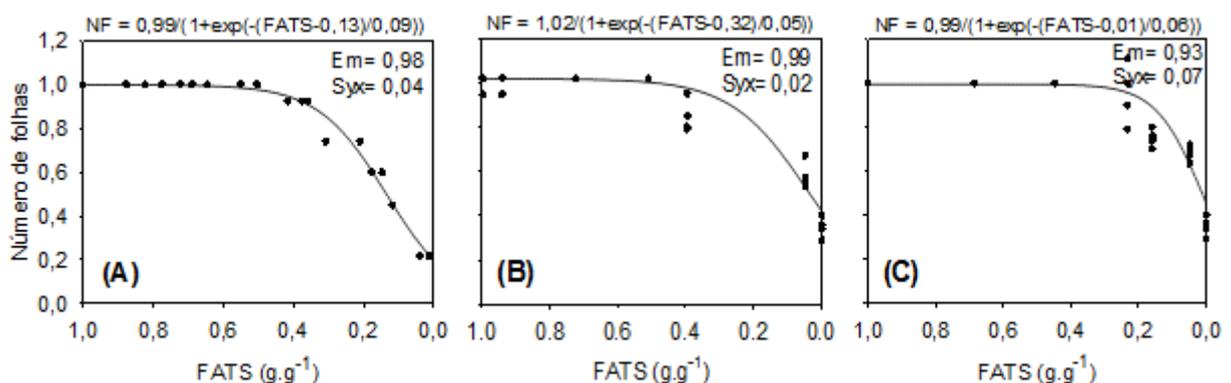


Figura 4. Número de folhas do cafeeiro conilon (NF) em função da fração de água transpirável no solo (FATS), em três épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio;

“B”- 60 dias após plantio e; “C”- 90 dias após plantio), em casa de vegetação. Em: Eficiência do modelo, Syx: Erro-padrão da estimativa.

Na primeira época de déficit hídrico, a variável NF começou a sofrer reduções a um valor de FATS de aproximadamente 0,6. Na segunda época de déficit hídrico, o cafeeiro apresentou pouca redução no valor da FATS no qual o NF começou a ser reduzido, com valor de aproximadamente 0,6. Na terceira época o cafeeiro apresentou redução no valor da FATS no qual o NF foi reduzido, com valor de aproximadamente 0,4. Resultado similar foi encontrado por Araujo (2011), para FATS do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, encontrando valor de FATS de 0,6 na segunda época de déficit e valor de 0,4 na terceira época de déficit, diferindo apenas na primeira época de déficit, onde foi encontrado valor de FATS próximo de 1,0.

Semelhante ao ocorrido para a área foliar, o número de folhas também reduziu nos valores da FATS nos quais o NF começou a ser reduzido à medida que o déficit hídrico foi aplicado aos 60 e 90 dias após plantio.

A semelhança entre os resultados obtidos para as variáveis AF e NF pode ser explicada pela existência de uma correlação positiva e elevada entre as duas variáveis. Resultado semelhante foi encontrado por Araujo (2011).

De modo geral, vários pesquisadores, entre os quais Pinto et al. (2008) e Busato et al. (2007), trabalhando com deficiência hídrica no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon, encontraram redução do número de folhas com a diminuição da disponibilidade hídrica no solo.

As relações entre as variáveis, altura de planta (ALT) e fração de água transpirável no solo (FATS), nas três épocas de déficit hídrico, encontram-se na Figura 5, em que se observa o decréscimo da ALT à medida que a FATS diminui até zero.

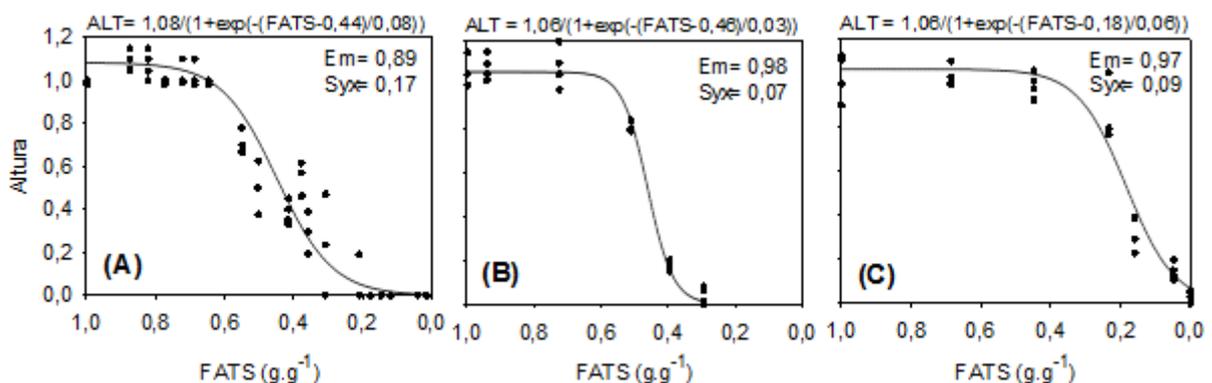


Figura 5. Altura do cafeeiro conilon (ALT) em função da fração de água transpirável no solo (FATS), em três épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio; “B”- 60 dias após

plântio e; “C”- 90 dias após plântio), em casa de vegetação. Em: Eficiência do modelo, Syx: Erro-padrão da estimativa.

Na primeira época de déficit hídrico, a altura das plantas começou a sofrer redução com valor de redução da FATS próximo de 0,8. Na segunda época foi de 0,7 e de 0,5 na terceira época de déficit hídrico.

Assim como ocorreu para as demais variáveis, a altura também reduziu no valor da FATS no qual se inicia sua redução à medida que o déficit foi aplicado em plantas mais desenvolvidas. Esses resultados diferem de Araujo (2011), que encontrou valores de FATS próximo de 1,0 na primeira época, de 0,95 na segunda e de 0,75 na terceira época de déficit hídrico.

Dardengo et al. (2009) verificaram a influência negativa do déficit hídrico sobre a altura do cafeeiro conilon, sendo que as plantas que foram submetidas ao déficit hídrico apresentaram menor altura.

As relações entre as variáveis, diâmetro do caule (DC) e fração de água transpirável no solo (FATS), nas três épocas de déficit hídrico, encontram-se na Figura 6, em que se observa o decréscimo do DC à medida que a FATS diminui até zero.

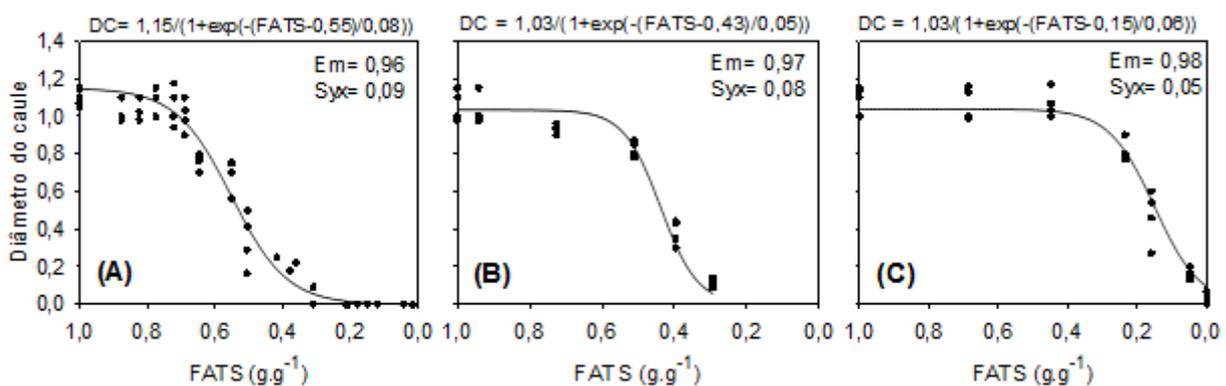


Figura 6. Diâmetro do caule do cafeeiro conilon (DC), em função da fração de água transpirável no solo (FATS), em três épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plântio; “B”- 60 dias após plântio e; “C”- 90 dias após plântio), em casa de vegetação. Em: Eficiência do modelo, Syx: Erro-padrão da estimativa.

Na primeira época de déficit hídrico, o cafeeiro conilon apresentou redução do diâmetro do caule em um valor alto de FATS, próximo de 1,0. O valor em que o DC começou a ser reduzido foi de 0,9.

Na segunda época de déficit hídrico, o cafeeiro conilon já apresentou a tendência de diminuição no valor da FATS no qual a variável DC começou a ser reduzida, isso comparativamente a primeira época, sendo esse valor próximo de 0,65. Na terceira época de

déficit hídrico, o cafeeiro conilon apresentou outra redução no valor da FATS no qual a variável DC começou a ser reduzida, sendo esse valor próximo de 0,5.

Araujo (2011) encontrou resultado de FATS similares para o cafeeiro conilon, variedade robusta tropical, sendo os valores mais próximos de 1,0 na primeira e segunda época de déficit e de 0,8 para a terceira época de déficit.

Dardengo et al. (2009), estudando o déficit hídrico no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon, verificaram que o déficit hídrico reduziu de forma significativa o diâmetro do caule no cafeeiro conilon. Martins et al. (2004) e Zonta et al. (2009), também trabalhando com cafeeiro, verificaram que menores valores de diâmetro do caule estão associados a maiores intervalos de irrigação, e conseqüentemente a uma menor disponibilidade hídrica.

3.2. Período de recuperação após déficit hídrico

Na Figura 7, são apresentados os valores da evolução da área foliar do cafeeiro conilon, demonstrando o início e o final do estresse hídrico, nos dois tratamentos (com déficit hídrico e sem déficit hídrico) nas três épocas de déficit.

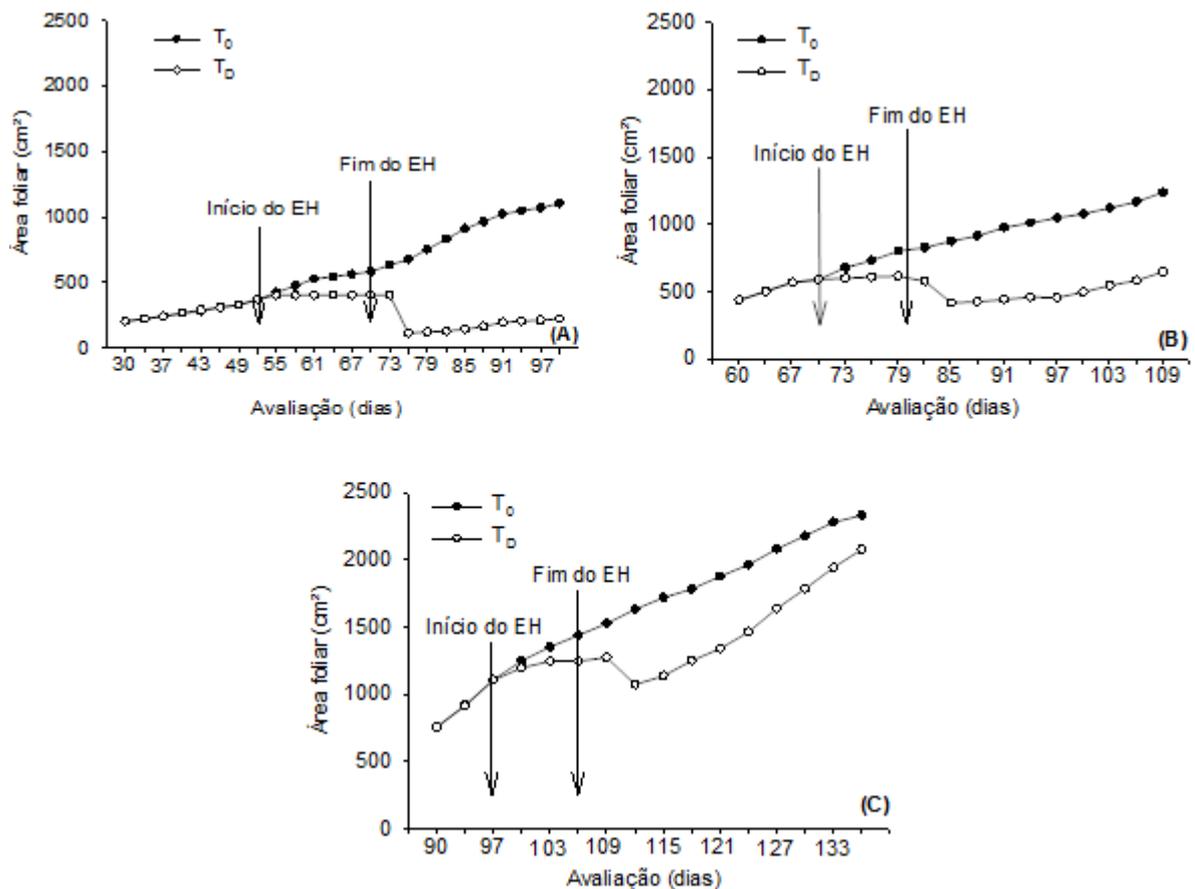


Figura 7: Evolução da área foliar do cafeeiro conilon, variedade Robusta tropical, antes, durante e após as três épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio; “B”- 60 dias após

plântio e; “C”- 90 dias após plântio), para os tratamentos sem déficit (T_0) e com déficit hídrico (T_D), demonstrando o início e o fim do estresse hídrico (EH) pelo cafeeiro conilon.

Pode-se observar na Figura 7 que, à medida que o déficit hídrico foi aplicado houve redução da área foliar do cafeeiro conilon até 10% da transpiração relativa do T_0 . Porém, quando o déficit foi aplicado aos 30 dias (Figura 7A), a área foliar do cafeeiro conilon começou a reduzir aos 20 dias. No entanto, aos 60 dias (Figura 7B), a área foliar começou a ser reduzida aos 10 dias após início do tratamento, e aos 90 dias (Figura 7C) a redução começou aos 7 dias, sendo essas reduções justificadas pelo crescimento da área foliar, conseqüentemente, da transpiração, ocasionando maior absorção da fração de água disponível no solo.

O final do período de déficit hídrico também foi sendo reduzido com o aumento das épocas de avaliação. Na época de 30 dias, o cafeeiro submetido ao déficit atingiu os 10% da Transpiração do T_0 em 40 dias. Para a época de 60 dias, esse tempo foi de 20 dias, e de 16 dias na época de 90 dias de avaliação após o plântio.

Também, nota-se que quando o déficit hídrico foi aplicado aos 90 dias após plântio, a recuperação da área foliar foi maior em relação às plantas submetidas ao déficit hídrico aos 30 dias após plântio.

As plantas submetidas ao déficit hídrico aos 30 dias obtiveram, ao final do período de recuperação 20,90% de área foliar em relação àquelas sem déficit hídrico, enquanto que àquelas sem déficit hídrico obtiveram 378,38% de área foliar maior em relação às plantas em déficit hídrico. Para o déficit hídrico aos 60 dias, as plantas em déficit hídrico obtiveram 52,63% de área foliar quando comparado àquelas sem déficit hídrico, sendo a área foliar 90,02% maior naquelas sem déficit hídrico. Porém, observa-se que com a aplicação do déficit hídrico aos 90 dias, a diferença entre os tratamentos é reduzida, obtendo nas plantas em déficit hídrico 89,17% de área foliar em relação àquelas sem déficit hídrico, sendo a área foliar 12,14% maior nas plantas sem déficit hídrico.

A perda de área foliar é comum em plantas sob déficit hídrico, como relatado por Pinto et al. (2008), que verificaram redução na área foliar e número de folhas de diferentes espécies sob estresse hídrico, fato também relatado por Mendes et al. (2007), que verificaram ainda uma redução na produção de frutos e sementes. A redução da área foliar está ligada à redução da transpiração das plantas, como discutido anteriormente.

Na Figura 8, estão apresentados os valores da evolução do número de folhas do cafeeiro conilon, demonstrando o início e o final do estresse hídrico, nos dois tratamentos (com déficit hídrico e sem déficit hídrico) nas três épocas de déficit.

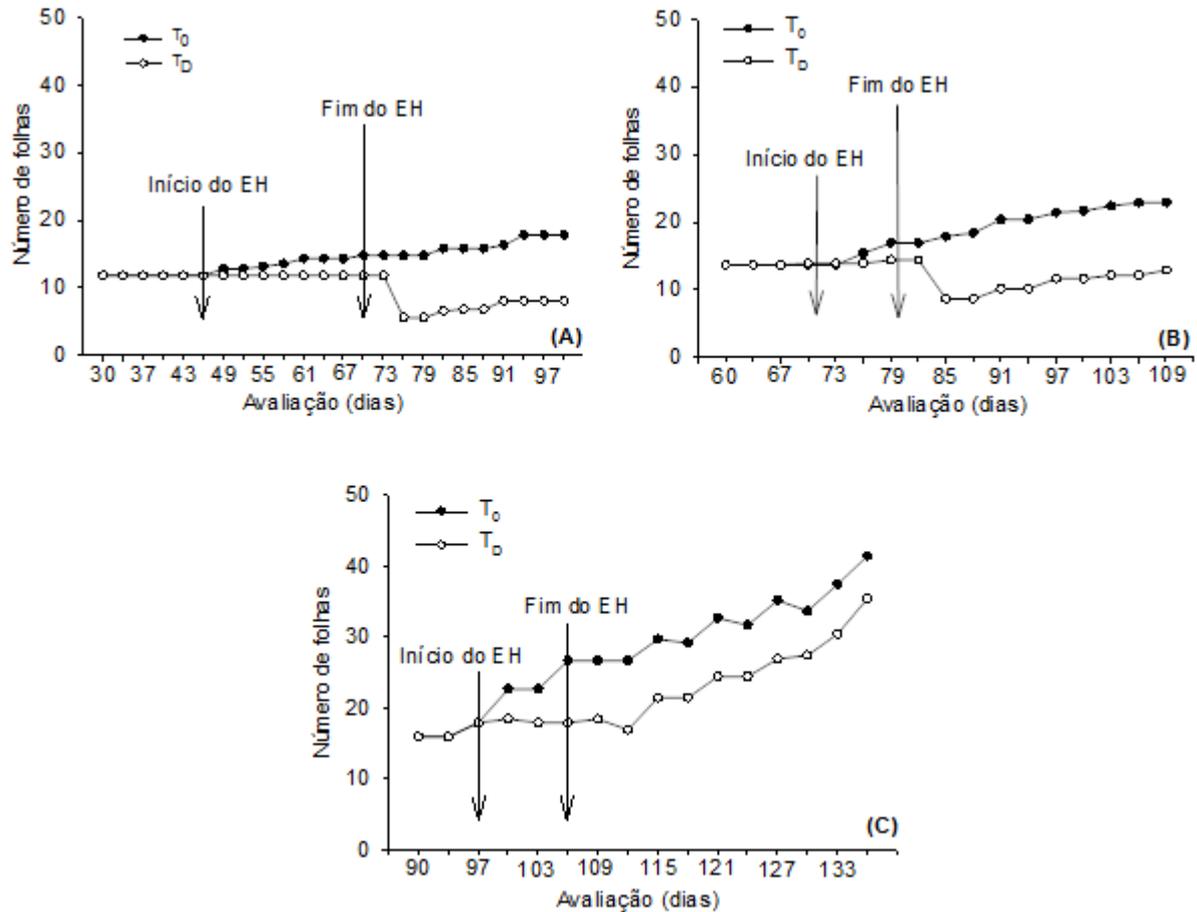


Figura 8: Evolução do número de folhas do cafeeiro conilon, variedade Robusta tropical, antes, durante e após as três épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio; “B”- 60 dias após plantio e; “C”- 90 dias após plantio), para os tratamentos sem déficit (T_0) e com déficit hídrico (T_D), demonstrando o início e o fim do estresse hídrico (EH) pelo cafeeiro conilon.

Para o número de folhas, observa-se na Figura 8A que, para a recuperação das plantas submetidas ao déficit hídrico aos 30 dias após plantio, o número de folhas foi de 45,83% para as plantas em déficit hídrico em relação àquelas sem déficit hídrico, tendo estas últimas apresentado número de folhas 125% maior em relação àquelas em déficit hídrico. Aos 60 dias após plantio (Figura 8B), as plantas submetidas ao déficit hídrico obtiveram 56,53% de número de folhas em relação àquelas sem déficit hídrico, sendo o ganho em número de folhas 76,92% maior naquelas sem déficit. E para o déficit hídrico aplicado aos 90 dias após plantio (Figura 8C), as plantas submetidas ao déficit hídrico obtiveram número de folhas de 85,54% em relação àquelas sem déficit hídrico, obtendo essas últimas 18,57% maior em número de folhas em relação às plantas em déficit hídrico.

Observa-se que ao final do déficit hídrico nas épocas de 30 e 60 dias, ocorre uma queda acentuada do número de folhas. Isso pode ser explicado devido à abscisão foliar provocada pelo estresse hídrico, que segundo Taiz & Zeiger (2009), é uma das principais linhas de

defesa das plantas ao déficit hídrico no solo. Essa queda acentuada das folhas já não ocorre quando o déficit hídrico foi aplicado aos 90 dias após plantio.

O início do déficit hídrico que ocasionou a redução do número de folhas do cafeeiro foi semelhante ao da área foliar, sendo de 16, 10 e 7 dias para as épocas de avaliação 30, 60 e 90 dias, respectivamente.

Na Figura 9, são apresentados os valores da evolução da altura do cafeeiro conilon, demonstrando o início e o final do estresse hídrico, nos dois tratamentos (com déficit hídrico e sem déficit hídrico) nas três épocas de déficit.

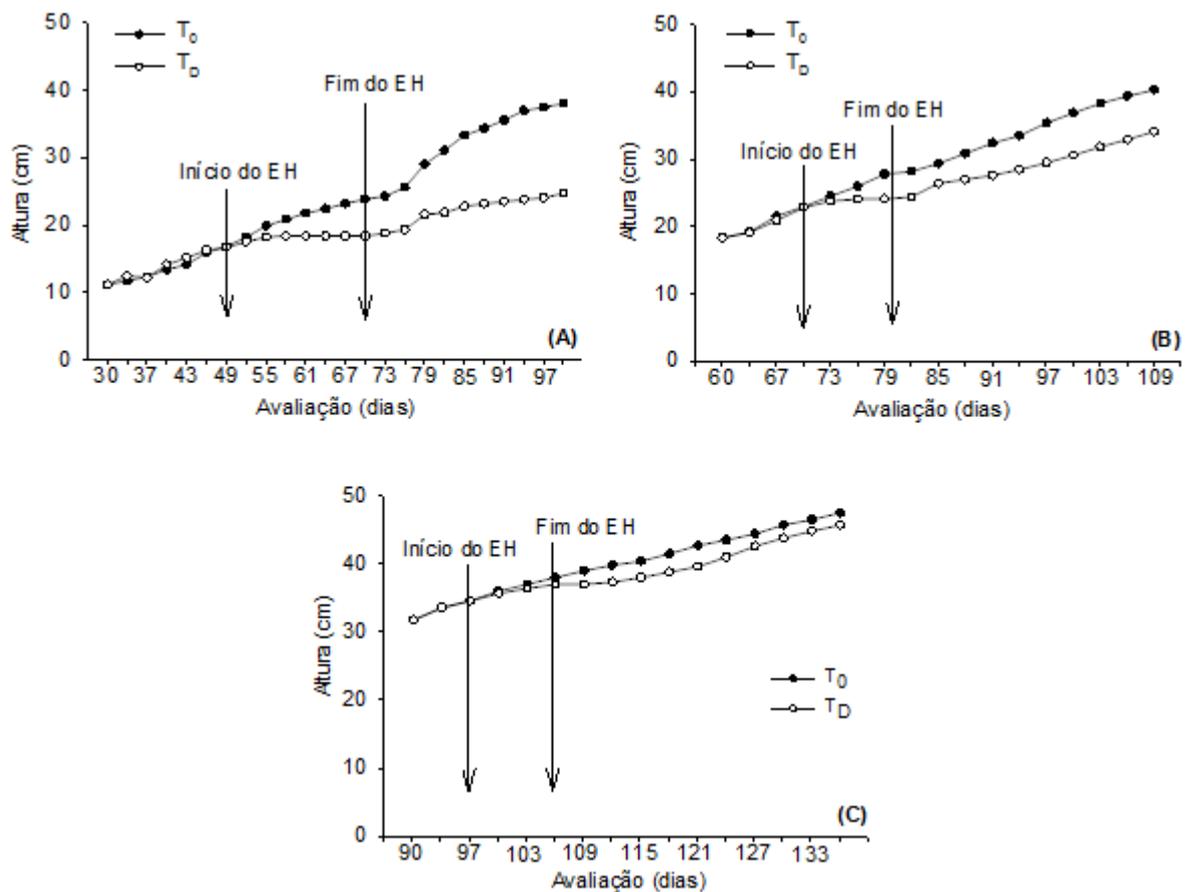


Figura 9: Evolução da altura do cafeeiro conilon, variedade Robusta tropical, antes, durante e após as três épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio; “B”- 60 dias após plantio e; “C”- 90 dias após plantio), para os tratamentos sem déficit (T_0) e com déficit hídrico (T_D), demonstrando o início e o fim do estresse hídrico (EH) pelo cafeeiro conilon.

Na Figura 9A, podemos observar que no início do déficit hídrico, aos 30 dias após o plantio, ocorreram grandes diferenças na altura entre os dois tratamentos, ficando essa diferença menor quando o déficit foi aplicado aos 60 e 90 dias após plantio (Figura 9 B e C).

Em todas as épocas de déficit e nos tratamentos com déficit e sem déficit ocorreram incrementos na altura do cafeeiro ao final do período de recuperação em relação ao final do déficit hídrico. No entanto, em nenhuma época as plantas submetidas ao déficit, ao final do

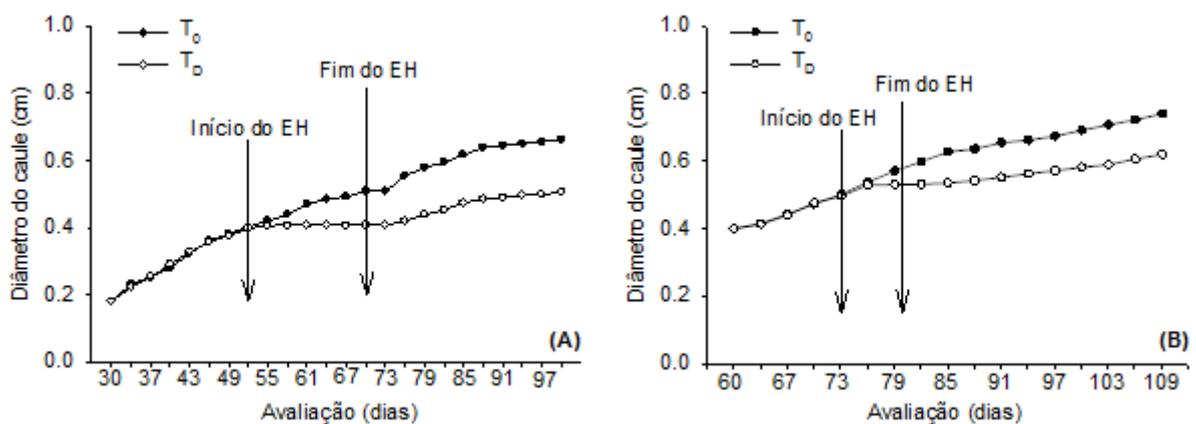
período de recuperação, equipararam-se às plantas mantidas sem déficit hídrico. Contudo, as plantas que foram submetidas à terceira época de déficit hídrico apresentaram menores diferenças entre os tratamentos, ao final do período de recuperação.

Na primeira época de déficit hídrico (30 dias), ao final do período de recuperação, as plantas submetidas ao déficit hídrico apresentaram crescimento de 65,08% em relação às que sem déficit hídrico, apresentando, essas últimas, ganho de 53,80% maior do que as em déficit hídrico. Na segunda época de déficit hídrico (60 dias), o ganho em altura foi de 84,71% para as plantas em déficit hídrico, sendo esse ganho 18,01% maior naquelas sem déficit hídrico. E na terceira época de déficit hídrico (90 dias) as plantas em déficit hídrico apresentaram crescimento de 90,95%, sendo 3,94% maior naquelas sem déficit hídrico.

A redução da altura do cafeeiro em resposta ao déficit hídrico possivelmente pode estar relacionada ao acúmulo de ácido abscísico (ABA) nas folhas da planta. O acúmulo de ABA em plantas sob estresse hídrico é uma resposta ao estresse hídrico, que dentre outras funções, atua na redução do crescimento da planta (TAIZ & ZEIGER, 2009).

O início do déficit hídrico que ocasionou a redução da altura do cafeeiro foi de 19, 10 e 7 dias para as épocas de avaliação 30, 60 e 90 dias, respectivamente.

Na Figura 10 são apresentados os valores da evolução do diâmetro do caule do cafeeiro conilon, demonstrando o início e o final do estresse hídrico, nos dois tratamentos (com déficit hídrico e sem déficit hídrico) nas três épocas de déficit.



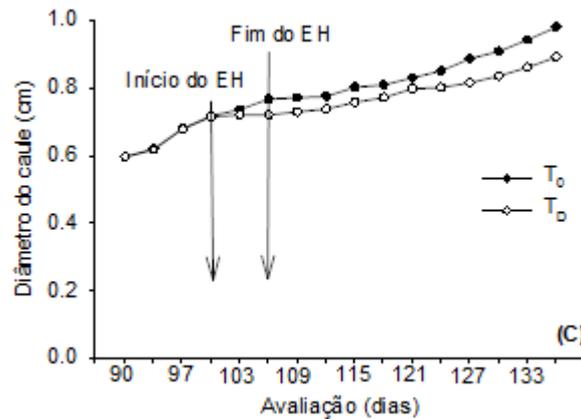


Figura 10: Evolução do diâmetro do caule do cafeeiro conilon, variedade Robusta tropical, antes, durante e após as três épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio; “B”- 60 dias após plantio e; “C”- 90 dias após plantio), para os tratamentos sem déficit (T_0) e com déficit hídrico (T_D), demonstrando o início e o fim do estresse hídrico (EH) pelo cafeeiro conilon.

Pode-se observar na Figura 10, que no início do déficit hídrico não existiam grandes diferenças entre os dois tratamentos, não importando a época de aplicação do déficit; e em todas as épocas, as plantas submetidas ao déficit, ao final, apresentaram menor diâmetro médio do caule, quando comparadas àquelas sem déficit. No entanto, na terceira época (Figura 10C) esta diferença foi menor.

Houve incrementos no diâmetro do caule do cafeeiro ao final do período de recuperação em relação ao final do déficit hídrico, no entanto, as plantas submetidas ao déficit não se recuperaram semelhante àquelas que não sofreram déficit.

Na primeira época de déficit hídrico (30 dias), ao final do período de recuperação, as plantas submetidas ao déficit hídrico apresentaram diâmetro do caule de 76,59% em relação àquelas sem déficit hídrico, apresentando, essas últimas, ganho de 29,41% maior do que as em déficit hídrico. Na segunda época de déficit hídrico (60 dias), o diâmetro do caule foi de 83,85% para as plantas em déficit hídrico, sendo 19,35% maior naquelas sem déficit hídrico. E na terceira época de déficit hídrico (90 dias), as plantas em déficit hídrico apresentaram diâmetro do caule de 91,05%, quando comparado àquelas sem déficit hídrico, sendo 10,11% maior naquelas sem déficit hídrico.

Na terceira época de déficit hídrico, as diferenças entre os dois tratamentos foi menor ao final do período de déficit hídrico comparada às outras duas épocas, sendo que o mesmo ocorreu ao final do período de recuperação após o déficit hídrico.

Independentemente da época de aplicação do déficit hídrico, o diâmetro do caule das plantas submetidas ao déficit não se recuperou ao final do período de recuperação, quando comparado àquelas sem déficit. No entanto, as plantas que foram submetidas à terceira época

de déficit apresentaram menores diferenças no diâmetro médio do caule entre os tratamentos, ao final do período de recuperação.

O início do déficit hídrico que ocasionou a redução do diâmetro de caule do cafeeiro foi maior do que o início da redução da AF, NF e ALT, sendo essa redução de 22, 13 e 10 dias para as épocas de avaliação 30, 60 e 90 dias, respectivamente. Isso pode ser explicado pela menor sensibilidade do caule em responder à redução da fração de água no solo, quando comparado a partes mais tenras da planta, como as folhas.

Na Figura 11, são apresentados os valores da evolução da transpiração relativa do cafeeiro conilon, enfatizando o início do déficit hídrico e o final do déficit hídrico, nos dois tratamentos (com déficit hídrico e sem déficit hídrico) nas três épocas de déficit.

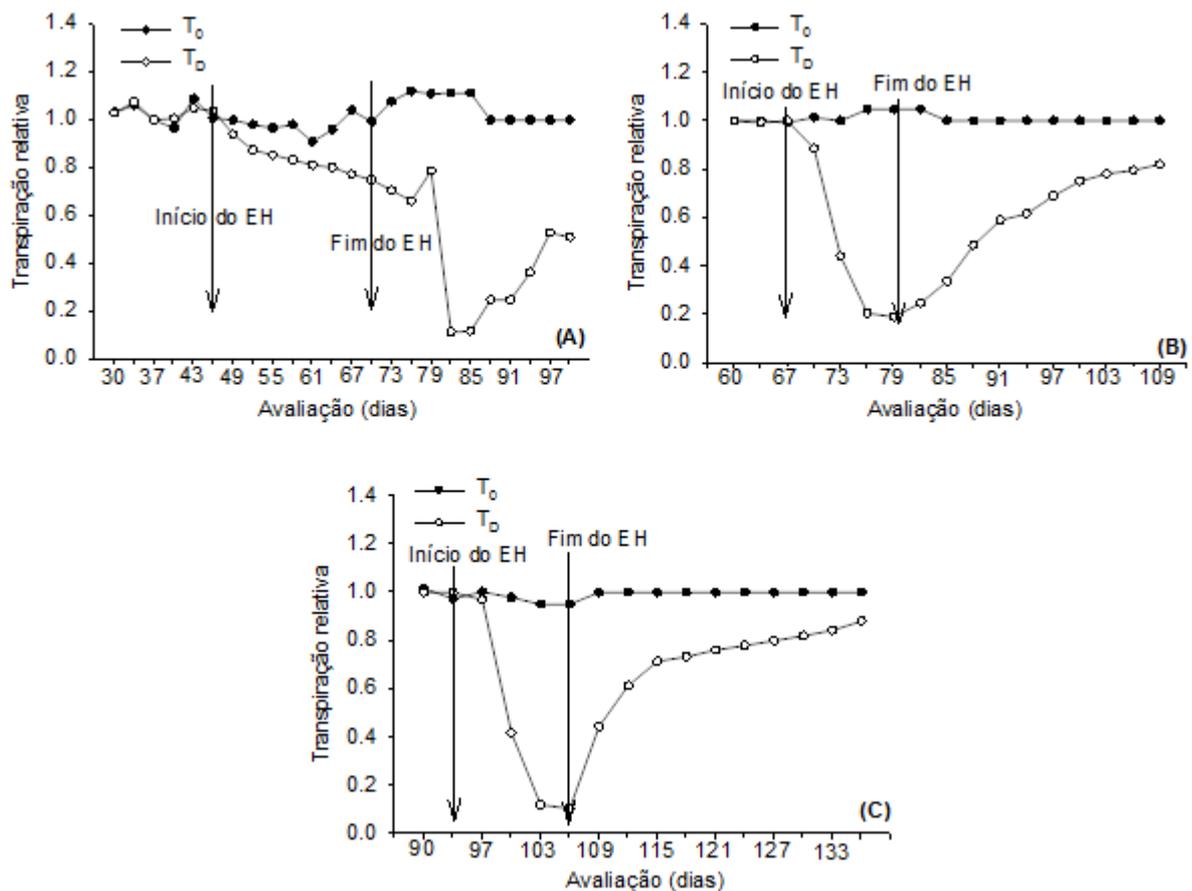


Figura11: Evolução da transpiração relativa do cafeeiro conilon, variedade Robusta tropical, antes, durante e após as três épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio; “B”- 60 dias após plantio e; “C”- 90 dias após plantio), para os tratamentos sem déficit (T_0) e com déficit hídrico (T_D), demonstrando o início e o fim do estresse hídrico (EH) pelo cafeeiro conilon.

Pode-se observar na Figura 11, que no início do déficit hídrico a transpiração relativa das plantas dos tratamentos T_0 e T_D eram semelhantes, porém, essa diferença foi aumentando até o final do déficit hídrico.

Apesar de haver incremento na transpiração relativa do cafeeiro conilon durante a recuperação, a transpiração das plantas submetidas ao déficit não se equiparou às que não sofreram déficit.

Para o déficit hídrico aplicado aos 30 dias (Figura 11A), as plantas submetidas ao déficit hídrico obtiveram, ao final do período de recuperação, transpiração relativa de 71% em relação às que sem déficit hídrico, sendo a transpiração relativa 96,08% maior nas plantas sem déficit hídrico. Para o déficit aplicado aos 60 dias (Figura 11B), a transpiração relativa foi de 82% para as plantas do tratamento com déficit hídrico, sendo 21,95% maior naquelas sem déficit hídrico. No entanto, observa-se que quando o déficit hídrico foi aplicado 90 dias (Figura 11C), a transpiração relativa aumenta e a diferença entre os tratamentos é reduzida, obtendo transpiração relativa de 88% nas plantas do tratamento com déficit, e as plantas do tratamento sem déficit hídrico obtiveram transpiração relativa 13,64% maior em relação às que com déficit hídrico.

Na terceira época de déficit hídrico, a recuperação da transpiração relativa foi mais rápida do que nas demais épocas. Esse fato pode ser explicado devido à queda de menor número de folhas.

O início do déficit hídrico que ocasionou a redução da transpiração relativa do cafeeiro foi de 16, 7 e 4 dias para as épocas de avaliação 30, 60 e 90 dias, respectivamente. Esses valores demonstram que a transpiração relativa começou a ser reduzida antes que os demais parâmetros avaliados reduzissem.

Todas as variáveis avaliadas apresentaram recuperação comprometida quando permaneceram por mais tempo expostas ao déficit hídrico, pois segundo Lecoer & Sinclair (1996), quando as plantas cultivadas passam por um processo de déficit hídrico o seu crescimento e desenvolvimento é comprometido.

Independente da época de déficit hídrico, nenhuma das características avaliadas (área foliar média, número médio de folhas, altura média e diâmetro médio do caule) no tratamento com déficit apresentou recuperação ao ponto de equivalência aos valores apresentados pelo tratamento sem déficit hídrico.

4. CONCLUSÕES

1. O consumo diário de água aumentou com o desenvolvimento das plantas, independente dos tratamentos.
2. O consumo diário de água foi maior nas plantas sem déficit, independente da época de déficit hídrico.
3. Com o desenvolvimento das plantas, o coeficiente de transpiração diminuiu, aumentando a eficiência no uso da água.
4. As variáveis avaliadas começaram a reduzir em valores mais baixos de fração de água transpirável do solo, quando o déficit hídrico foi aplicado aos 60 e 90 dias após o plantio.
5. As plantas submetidas ao déficit hídrico com início aos 60 e 90 dias após o plantio apresentaram melhor resposta à recuperação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMIR, J.; SINCLAIR, T. R. A model of water limitation on spring wheat growth and yield. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 29, n. 1, p. 59-96, 1991.

ARAUJO, G. L. **Déficit hídrico no solo e sua influência sobre a transpiração, o crescimento e desenvolvimento do cafeeiro**. In: Araújo, G. L. Monografia (Trabalho de conclusão de curso – Graduação em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo – CCA-UFES. Alegre, ES. p. 1-71, 2011.

BALBINO, L. C.; BROSSARD, M; STONE, L. F.; LEPRUN, J. C. **Estruturas e propriedades hidráulicas em latossolos sob cultivo na região do Cerrado**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2003. 44p.

BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; VIEIRA, M.; BRAGAFILHO, L. J. Determinação de área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. 'Bourbon Amarelo'). **Revista Ceres**, Viçosa, v.20, n.107, p.44-52, 1973.

BINDI, M.; BELLESI, S.; ORLANDINI, S.; FIBBI, F.; MORIONDO, M.; SINCLAIR, T. Influence of water deficit stress on leaf area development and transpiration of Sangiovese Grapevines grown in pots. **American Journal of Enology and Viticulture**, Califórnia, v.56, n.3, p.68-72, 2005.

BUSATO, C.; REIS E. F. dos; MARTINS C. C.; PEZZOPANE, J. E. M. Lâminas de irrigação aplicadas ao café conilon na fase inicial de desenvolvimento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 54, n. 314, p. 351-357, 2007.

DARDENGO, M. C. J. D.; REIS, E. F. dos; PASSOS, R. R. Influência da disponibilidade hídrica no crescimento inicial do cafeeiro conilon. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 6, p. 1-14, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997.

FERRÃO, R.G.; FONSECA, A. F.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. **Café Conilon**. Vitória, INCAPER, 2007. 702p.

LAGO, I. **Transpiração e crescimento foliar de clones de batata e de mandioca em resposta à fração de água transpirável no solo**. 2011. 92 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2011.

LECOEUR, J.; SINCLAIR, R.T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**, Madison, v. 36, n. 2, p. 331-335, 1996.

LIMA, A. L. S. **Respostas fotoquímicas e atividade do sistema antioxidativo em dois clones de *Coffea canephora* sob condições de déficit hídrico**. 2001. 21f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

MARTINS, C. C.; REIS E. F.; BUSATO, C.; PEZZOPANE, J. E. M. Desenvolvimento Inicial do Cafeeiro Conilon (*Coffea canéfora* Pierre) Submetido a Diferentes Turnos de Rega e Doses de Hidroabsorvente. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 12, n. 3, p. 222-228, 2004.

MARTINS, C. C.; SOARES, A. A.; BUSATO, C.; REIS, E. F. Manejo da irrigação por gotejamento no cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 61-69, 2007.

MARTINS, F. B.; STRECK, N. A.; SILVA, J. C. da; MORAIS, W. W.; SUSIN, F.; NAVROSKI, M. C.; VIVIAN, M. A. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1297-1306, 2008.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura do café no Brasil – novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ/Fundação PROCAFÉ, 2002. 387p.

MATIELLO, J.B. **Café conillon**. Rio de Janeiro, MAA / SDR / PROCAFÉ / PNFC, 1998. 162 p.

MENDES, R. M. de S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido a deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 1, p. 95-103, 2007.

MUCHOW, R. C.; SINCLAIR, T. R. Water deficits effects on maize yields modeled under current and “greenhouse” climates. **Agronomic Journal**, Madison, v. 83, p. 1052-1059, 1991.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J.; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D.; LOURENÇO, S. (Coord.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa-SEA, p.189-253, 1991.

PEZZOPANE, J. R. M.; CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; SARAIVA, F. S.; BONOMO, R. Caracterização do atendimento hídrico para o café conilon no estado do Espírito Santo. In: VI SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2009, Vitória. **Anais...** 2009. CD-ROM.

PINTO, C. M.; TÁVORA, F. J. F. A.; BEZERRA, M. A.; CORRÊA, M. C. de M. Crescimento, distribuição do sistema radicular em amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 03, p. 429-436, 2008.

RAY, J. D.; SINCLAIR, T. R. Stomatal conductance of maize hybrids in response to drying soil. **Crop Science**, Madison, v. 37, p. 803-807, 1997.

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

SILVA, W.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A.; CARDOSO, A. A. Índice de consumo e eficiência do uso da água em eucalipto, submetido a diferentes teores de água em convivência com a braquiária. **Floresta**, Curitiba, v.34, p.325-335, 2004.

SINCLAIR, T. R.; HOLBROOK, N. M.; ZWIENIECKI, M. A. Daily transpiration rates of woody species on drying soil. **Tree Physiology**, Oxford, v. 25, p.1469-1472, 2005.

SINCLAIR, T. R.; LUDLOW, M. M. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. **Australian Journal Plant Physiology**, Collingwood, v.13, p.319-340, 1986.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

ZONTA, J. H. BRAUN, H.; REIS E. F.; SILVA, D. P.; ZONTA, J. B. Influência de diferentes turnos de rega e doses de hidroabsorvente no desenvolvimento inicial da cultura do café conilon (*Coffea canephora* Pierre). **Idesia**, Chile, v. 27, n. 3, p. 29-34, 2009.

CAPÍTULO 2

INFLUÊNCIA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO SOLO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO CAFEIEIRO CONILON

Resumo: Estresses abióticos como a seca podem reduzir significativamente o rendimento do cafeeiro; e em grande parte do Espírito Santo, o cafeeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner), sob o aspecto hídrico, apresenta alto risco climático, sendo a disponibilidade hídrica no solo o principal fator limitante ao desenvolvimento do cafeeiro nessas áreas. Assim, objetivou-se avaliar a influência da fração de água disponível no solo sobre o desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon, trabalhando com diferentes disponibilidades hídricas. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, em Alegre, ES, em esquema de parcelas subdivididas 4 x 5, sendo nas parcelas quatro níveis de déficit hídrico (100, 50, 30 e 10% da água disponível no solo), e nas subparcelas cinco épocas de avaliações (1º, 30º, 60º, 90º e 120º dia após início do déficit hídrico), em um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os parâmetros avaliados foram: matéria da parte aérea fresca e seca, matéria do sistema radicular fresco e seco, altura das plantas, diâmetro do caule, área foliar, número de folhas e coeficiente de transpiração. Objetivando avaliar a recuperação das plantas após déficit hídrico, as mesmas foram mantidas, por 30 dias, com umidade do solo próxima a capacidade de campo. Os melhores resultados de desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon foram encontrados quando se utilizou os níveis de 100 e 50% da água disponível no solo, não diferindo entre si, porém, diferindo do de 30 e 10% da água disponível. O cafeeiro submetido a maiores períodos de déficit hídrico apresentou perdas significativas no desenvolvimento inicial, comprometendo o processo de recuperação das plantas após déficit.

Palavras-chave: *Coffea canephora*, disponibilidade hídrica, estresse hídrico.

INFLUENCE OF AVAILABILITY SOIL WATER IN THE INITIAL DEVELOPMENT CONILON COFFEE

Abstract: Abiotic stresses such as drought can significantly reduce the yield of coffee, and in much of the Espírito Santo, the conilon coffee (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner), under the aspect of water, has high climatic risk, and the soil water content in the main limiting factor for the development of coffee in these areas. The objective was to evaluate the influence of the fraction of available soil water on early development conilon coffee, working with different water availability. The experiment was conducted in the greenhouse of the Agricultural Science Center, Federal University of Espírito Santo, Alegre, ES, in a split-plot 4 x 5, and the plots four levels of water deficit (100, 50, 30 and 10 % of available water in the soil), and the subplot five assessment times (1, 30, 60, 90 and 120 days after onset of drought) in a completely randomized design with four replications. The parameters evaluated were: matter of shoot fresh and dry matter of the root system cool and dry, plant height, stem diameter, leaf area, leaf number and transpiration coefficient. To evaluate the recovery of plants after drought, they are kept for 30 days with soil moisture close to field capacity. The best results of initial development conilon coffee were found when using the levels of 100 and 50% of available water in the soil, not among them, however, differing from 30 to 10% of available water. The coffee subjected to longer periods of drought significant losses in the initial development, undermining the recovery process after the plants deficit.

Keywords: *Coffea canephora*, water availability, water stress.

1. INTRODUÇÃO

O Estado do Espírito Santo é o segundo maior produtor brasileiro de café e o maior produtor de café Conilon (CONAB, 2013). Porém, a produção de café poderia ser mais expressiva, caso condições desfavoráveis ao cultivo não ocorressem, particularmente o suprimento de água (DIAS et al., 2005).

Segundo Fonseca et al. (2004), dentre as variedades desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético em populações de café Conilon do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), está a variedade EMCAPER 8151 – Robusta Tropical, lançada em 2000, que tem sido a base para a renovação do parque cafeeiro da espécie no estado, e contribuindo, de forma efetiva, para o avanço tecnológico da cultura em todo o País.

Entretanto, mesmo que o cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, seja rústico e adaptado a condições adversas de clima e de cultivo, há a necessidade de se estudar o efeito do déficit hídrico no solo sobre o desenvolvimento inicial do cafeeiro, uma vez que os períodos de veranicos têm sido cada vez mais frequentes em algumas áreas do Estado do Espírito Santo.

Assim, torna-se necessário estudar quando e quanto aplicar de água durante o cultivo do cafeeiro, proporcionando condições para que as plantas não sofram estresse ou excesso hídrico. No entanto, um dos problemas na irrigação do cafeeiro é quantificar adequadamente o volume de água a ser aplicado por determinado método de irrigação nos períodos críticos da cultura (SOUSA et al., 2003).

Alguns índices, que expressam a quantidade de água armazenada no solo, têm sido utilizados para estudar o efeito do déficit hídrico sobre as plantas, tais como: a quantidade total de água armazenada (QTA), a capacidade de armazenamento de água disponível (CAD), a fração de água disponível (FAD) e a fração de água transpirável no solo (FATS) (MARTINS et al., 2008).

O conceito de FAD, por depender basicamente da taxa de uso da água e das propriedades do solo, as quais podem ser determinadas com maior facilidade nas culturas a campo, apresenta vantagem em relação aos demais índices (SANTOS & CARLESSO, 1998).

Sendo a umidade do solo um dos fatores que limitam a produtividade agrícola, é preciso intensificar os estudos sobre a melhor época de irrigação, o método mais eficiente, bem como a quantidade de água efetiva que proporciona melhor desenvolvimento da cultura, racionalizando tanto o recurso hídrico quanto o custo de produção.

Levando em consideração esses aspectos, objetivou-se com esse trabalho quantificar o impacto do manejo da água disponível no solo sobre o desenvolvimento inicial do cafeeiro Conilon, variedade Robusta Tropical.

2. MATERIAIS & MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação instalada na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), localizada no município de Alegre-ES, latitude 20°45'48" Sul, longitude 41°29' 27" Oeste e altitude de 123 m. O clima da região é do tipo "Aw" com estação seca no inverno, de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura anual média é de 23°C e a precipitação anual em torno de 1.200 mm.

Foram utilizadas mudas de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, conhecida popularmente como café Conilon, variedade Robusta Tropical (EMCAPER 8151 – Robusta Tropical), proveniente de viveiro de mudas de café próxima à região de Alegre, ES.

O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho-Amarelo, sendo destorroado, passado em peneira de 4 mm e homogeneizado. A aplicação de adubos químicos foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Novais et al. (1991) para ambiente controlado.

Foram realizadas análises química e físico-hídrica do solo utilizado no experimento. As características químicas do solo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Atributos químicos do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado como substrato

pH	P	K	Na	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³						
6,00	3,00	59,00	4,00	0,00	1,40	1,00	1,70	2,51	4,18	60,10

Extração e determinação: pH em água (1:2,5); P, K, Na: Mehlich 1; Ca, Mg, Al: KCl (1M); H+Al: acetato de cálcio (0,5M), CTC a pH 7,0.

Na análise físico-hídrica do solo determinou-se: a umidade do solo na capacidade de campo (CC) na tensão de 0,01 Mpa, e no ponto de murcha permanente (PMP) na tensão de 1,5 MPa, granulometria (areia, silte e argila), densidade do solo, densidade de partícula e porosidade total, segundo EMBRAPA (1997), conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Atributos físico-hídricos do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado como substrato

Análise Granulométrica			D _s ⁽¹⁾	D _p ⁽²⁾	P _T ⁽³⁾	CC ⁽⁴⁾	PMP ⁽⁵⁾
Areia	Silte	Argila					
----- % -----			----- kg dm ⁻³ -----		m ⁻³ m ⁻³		-----%-----
43,10	9,60	47,10	1,03	2,63	0,608	28,57	13,24

⁽¹⁾D_s = densidade do solo; ⁽²⁾D_p = densidade de partícula; ⁽³⁾P_T = porosidade total; ⁽⁴⁾CC = percentual de umidade no solo na capacidade de campo; ⁽⁵⁾PMP = percentual de umidade no solo no ponto de murcha permanente.

Também foi determinada a curva de retenção de água do solo, por secamento, adotando-se às tensões de 0,010; 0,033; 0,06; 0,10; 0,40; 0,80; 1,2; e 1,5 MPa. Os valores médios de umidade volumétrica dos pontos da curva de retenção do solo foram ajustados utilizando-se o modelo matemático proposto por Van Genuchten (1980), apresentada no Apêndice A.

O experimento foi montado num esquema de parcelas subdivididas 4 x 5, sendo nas parcelas quatro níveis de água disponível (100, 50, 30 e 10% da água disponível), e nas subparcelas cinco épocas de avaliações (1°, 30°, 60°, 90° e 120° dia após início do déficit hídrico), em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. No primeiro dia de avaliação (época 1), todas as plantas apresentavam condições de desenvolvimento semelhantes. O déficit hídrico foi iniciado 30 dias após plantio, para permitir o estabelecimento das plantas. Durante esse período, as parcelas experimentais foram mantidas com umidade do solo próxima à umidade na capacidade de campo.

Para a realização das irrigações, foi necessário determinar o peso de cada parcela experimental na capacidade de campo, sendo o peso na capacidade de campo inicial (P_{cci}). Após o plantio, todos os vasos foram saturados com água e deixados em drenagem livre até atingirem a umidade na capacidade de campo. Para tanto, foi feito o monitoramento da umidade do solo e pesagem dos vasos a cada 12 horas, até que fosse obtido o teor de umidade na capacidade de campo, em que foi obtido o peso inicial de cada parcela experimental, sendo este o valor do P_{cci}.

Após a determinação o P_{cci} de cada parcela experimental, foi calculada a lâmina de irrigação (L_I) correspondente às águas disponíveis (AD_{50%}, AD_{30%} e AD_{10%}). Para isso, foi determinada a água disponível do solo (AD), considerando os valores de umidade volumétrica na capacidade de campo (CC = 0,01 Mpa) e no ponto de murcha permanente (PMP = 1,5 Mpa), utilizando-se a equação 1 (CENTURION & ANDREOLI, 2000).

$$AD = CC - PMP \quad (1)$$

em que:

AD – água disponível, % em peso;

CC – Capacidade de campo, % em peso; e

PMP – Ponto de murcha permanente, % em peso.

A partir da água disponível, foram estabelecidas as umidades do solo correspondentes às águas disponíveis de 50%, 30% e 10% ($AD_{50\%}$, $AD_{30\%}$ e $AD_{10\%}$), sendo utilizadas no cálculo da lâmina de irrigação (L_I). No tratamento sem déficit ($AD_{100\%}$), ou seja, umidade do solo mantida próxima à capacidade de campo, a irrigação foi realizada diariamente.

As lâminas de irrigação (L_I), que foram aplicadas para elevar o teor de umidade do solo (U_a) à capacidade de campo nos níveis de água disponível de 50%, 30% e 10%, foram calculadas pela equação 2 (SOUSA et al., 2003):

$$L_I = \left(\frac{CC - U_a}{10} \right) * D_s * h \quad (2)$$

em que:

L_I - Lâmina de irrigação em mm;

CC – umidade na capacidade de campo, % em peso;

U_a – umidade atual do solo relativo às águas disponíveis ($AD_{50\%}$, $AD_{30\%}$ e $AD_{10\%}$);

D_s – Densidade do solo, em g/cm^3 ; e

h – altura de solo utilizado no vaso, em cm.

Para transformar a lâmina de irrigação (L_I) em volume (mL/vaso), foi multiplicado a L_I pela área útil do vaso.

Ao final da tarde de cada dia, todas as parcelas foram pesadas em balança eletrônica, repondo a água ao peso inicial (peso na capacidade de campo - P_{cci}) diariamente para as plantas mantidas com umidade do solo de 100% da AD e repondo a água sempre que a umidade do solo atingisse a umidade correspondente a 50, 30 e 10% da água disponível no solo.

Cada vaso foi revestido com papel branco para reduzir a absorção de radiação solar para minimizar o aquecimento do solo, a fim de reduzir o erro experimental.

As variáveis avaliadas foram: coeficiente de transpiração (CT), matéria da parte aérea fresca (MPAF) e matéria da parte aérea seca (MPAS), matéria do sistema radicular fresco (MSRF) e matéria do sistema radicular seco (MSFS); altura das plantas (ALT - comprimento da haste principal do nível do solo até a gema apical), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF) e número de folhas (NF), na contagem do NF cada folha foi considerada visível quando apresentou pelo menos 1cm de comprimento, a área foliar foi determinada pelo método de Barros et al. (1973), sendo essas medições realizadas a cada sete dias. O diâmetro do caule foi medido a 2 cm do solo, utilizando-se paquímetro digital.

As avaliações destrutivas foram realizadas a cada 30 dias, sendo: no 1° dia (para identificar o início do experimento), 30°, 60°, 90° e 120° dia após início do déficit hídrico. Para avaliar a resposta de recuperação das plantas após fim do déficit hídrico, ao final de cada período de déficit, as plantas foram mantidas com umidade do solo próxima a capacidade de campo por período de 30 dias, sendo avaliadas ao final deste.

A biomassa foi obtida em estufa a 65 ~ 70° C por 72 horas. As temperaturas máximas e mínimas foram medidas durante todo o experimento.

Os tratamentos foram estudados mediante análises de variância, aplicando-se regressão para os tratamentos a 5% de probabilidade. Para avaliar a resposta das plantas após déficit hídrico, foi aplicado teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas com o auxílio de software estatístico.

3. RESULTADOS & DISCUSSÃO

Durante as cinco épocas de avaliações (1°, 30°, 60°, 90° e 120° dia após início do déficit hídrico) não ocorreram grandes variações nas condições de temperatura atmosférica, apresentando temperatura média de 30,09 °C (no período de 02/10/2013 a 02/11/2012), de 28,46 °C (no período de 02/11/2012 a 02/12/2012), de 32,79 °C (no período de 02/12/2012 a 01/01/2013), de 32,31 °C (no período de 01/01/2013 a 31/01/2013) e de 30,90 °C (no período de 31/01/2013 a 02/03/2013) (Figura 2).

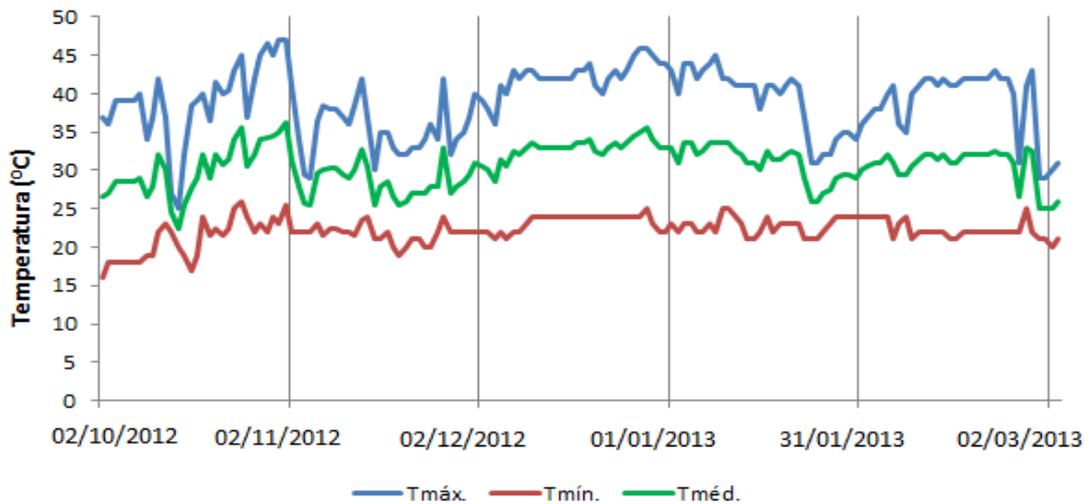


Figura 2: Temperatura máxima, mínima e média mensal, no interior da casa de vegetação, referente ao período de 2 de outubro de 2012 a 2 de março de 2013.

Na Tabela 3, estão apresentados os coeficientes de transpiração dos tratamentos realizados.

Tabela 3: Coeficiente de transpiração - CT- ($L H_2O kg^{-1}$ de biomassa), para o cafeeiro conilon (*Coffea canephora*), variedade Robusta Tropical em quatro níveis de água disponível no solo (100, 50, 30 e 10% da água disponível - AD), e em quatro épocas de avaliação em que ocorreu déficit hídrico (30°, 60°, 90° e 120°), em casa de vegetação, Alegre, ES, 2012/2013

AD	CT			
	Período de déficit hídrico			
	30°	60°	90°	120°
100	1045,63	806,80	547,92	445,55
50	903,11	788,46	525,93	411,95
30	1074,55	815,34	565,54	451,16
10	1615,00	923,45	613,10	567,32

O coeficiente de transpiração foi sendo reduzido à medida que as plantas foram se desenvolvendo ao longo das épocas de avaliação. Esse fato pode estar relacionado com uma maior eficiência estomática adquirida pelas plantas. Plantas mantidas com umidade do solo de 50% da água disponível apresentaram menor consumo de água para a produção de 1 kg de biomassa, demonstrando maior eficiência no uso da água quando comparada às plantas mantidas com umidade do solo próxima à capacidade de campo (100% da AD).

Também se pode observar que as plantas submetidas ao déficit hídrico de 30 e 10% da AD apresentaram maior consumo de água para a produção de 1 Kg de biomassa em todas as épocas de avaliação, caracterizando uma baixa eficiência na produção de matéria seca, quando submetidas ao estresse hídrico.

Os valores de CT encontrados no 30° e 60° dia de avaliação, para todas as disponibilidades hídricas, são maiores que os valores encontrados por Singh et al. (2003), para o sorgo (277 L H₂O kg⁻¹ de biomassa), e no 90° e 120° dia de avaliação os CT encontrados são próximos dos valores encontrados, pelos mesmos autores, para a beterraba açucareira (443 L H₂O kg⁻¹ de biomassa), para o trigo de primavera (491 L H₂O kg⁻¹ de biomassa), para a cevada (527 L H₂O kg⁻¹ de biomassa), para a batata (575 L H₂O kg⁻¹ de biomassa), para a aveia (583 L H₂O kg⁻¹ de biomassa). Os CT obtidos em todos os tratamentos foram maiores ao encontrados por Martins et al. (2008) para o *Eucalyptus grandis* (282 L H₂O kg⁻¹ de biomassa) e para o *Eucalyptus saligna* (275 L H₂O kg⁻¹ de biomassa).

Para todas as variáveis avaliadas, observa-se pela análise de variância nos Apêndices B e C, que há efeito significativo ($p \leq 0,05$) para a interação épocas de avaliação x déficit hídrico. Assim, foi estudado, por análise de regressão, o fator época de avaliação dentro de cada nível do fator déficit hídrico, bem como o fator déficit hídrico dentro de cada nível do fator época de avaliação.

Ao se estudar o fator época de avaliação dentro de cada nível do fator déficit hídrico, para a variável matéria da parte aérea fresca (MPAF), na Figura 3A, observa-se que na primeira época de avaliação (EA1), em que todas as plantas ainda não haviam sido submetidas à redução da disponibilidade hídrica no solo, a MPAF foi, em média, 2,82g ($\bar{Y} = 2,82g$) para todos os níveis de déficit.

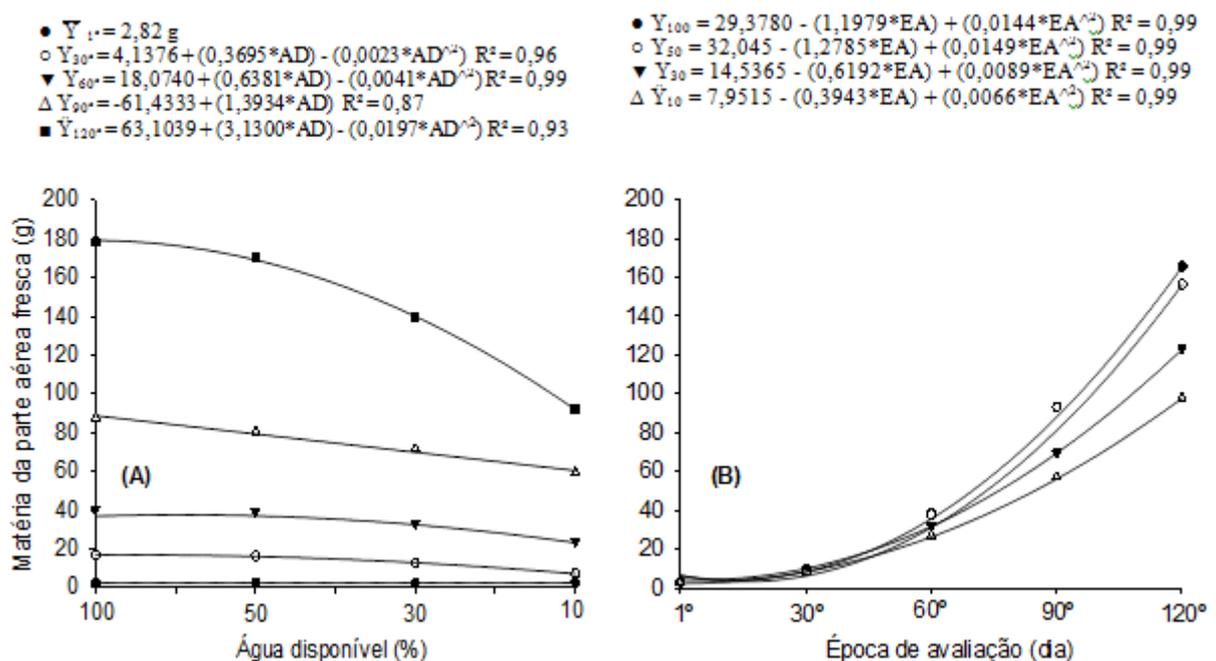


Figura 3: A - Matéria da parte aérea fresca em função da água disponível no solo (100, 50, 30 e 10%) para cada época de avaliação e B - em função das épocas de avaliações (1°; 30°; 60°; 90° e 120° dia após início do déficit) para cada nível de água disponível em estudo.

Para todas as variáveis avaliadas, é observado um comportamento quadrático em relação ao ganho de biomassa da parte aérea, apresentando diferença no ganho de biomassa entre os tratamentos (Figura 3A). Porém, houve maior ganho para as plantas mantidas com umidade do solo próxima à da capacidade de campo, utilizando 100% da água disponível, e um ganho inferior para aquelas submetidas à disponibilidade hídrica de 10% da AD.

A diferença entre ganho de biomassa fresca é ainda maior com o prolongamento das épocas de avaliação, ocasionado por um maior período de redução da disponibilidade hídrica no solo. Assim, a maior biomassa e a maior diferença entre ganho de matéria fresca entre os níveis de água disponível no solo podem ser observados no 120º dia de avaliação, onde se observa uma diferença de 48,20% de perda de matéria fresca na AD de 10%, em relação àquelas mantidas com umidade do solo próxima à capacidade de campo (100% da AD). No entanto, o ganho em MPAF obteve resultados semelhantes das disponibilidades hídricas de 100 e 50%.

Na Figura 3 B, ao se estudar o fator água disponível em função das épocas de avaliação, observa-se que houve um comportamento quadrático para ganho de MPAF para as disponibilidades hídricas.

Pode-se observar ainda que a inclinação das retas aumenta com a época de avaliação, notando-se maior ganho de biomassa fresca no 120º dia de avaliação. O comportamento crescente da biomassa é explicado devido ao desenvolvimento do cafeeiro conilon, e a diferença de ganho final de matéria fresca é explicado devido à redução da disponibilidade hídrica no solo, bem como o acúmulo de perda de biomassa com o prolongamento da redução da disponibilidade hídrica.

Na Figura 4A e B, é apresentada a análise da matéria da parte aérea seca do cafeeiro conilon, em que se pode observar um comportamento semelhante ao da matéria da parte aérea fresca em relação aos tratamentos realizados.

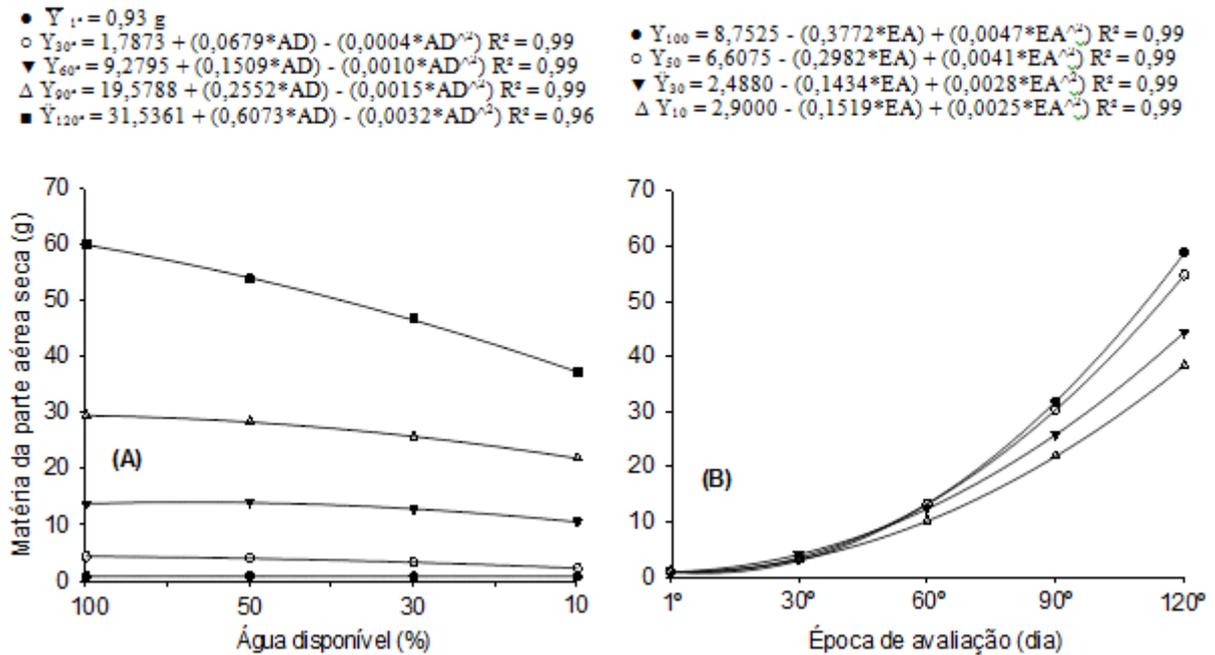


Figura 4: A - Matéria da parte aérea seca em função da água disponível no solo (100, 50, 30 e 10%) para cada época de avaliação e B - em função das épocas de avaliações (1°; 30°; 60°; 90° e 120° dia após início do déficit) para cada nível de água disponível em estudo.

Na primeira época de avaliação (EA1), Figura 4A, a matéria da parte aérea seca (MPAS) foi, em média, 0,93g ($\bar{Y} = 0,93\text{g}$) para todos os níveis de disponibilidade hídrica. Porém, ao se avaliar as plantas no 30°, 60°, 90° e 120° dia após início do déficit, observa-se um ganho de matéria seca do cafeeiro, porém, ocorreu perda de matéria seca à medida que a disponibilidade de água no solo foi reduzida, observando uma maior diferença no 120° dia de avaliação, quando as plantas foram avaliadas ao passarem por esse período. No 120° dia de avaliação, houve redução de 37,96% da matéria seca quando se utilizou disponibilidade hídrica até 10% em relação à de 100% da AD.

Ao se avaliar as disponibilidades hídricas nas épocas de avaliação (Figura 4B), nota-se um comportamento semelhante ao ocorrido com a MPAF, tendo um comportamento quadrático no ganho de MPAS. Contudo, percebe-se maior diferença no ganho final de matéria seca.

Oliveira et al. (2012), ao avaliarem a influência de diferentes disponibilidades hídricas no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon Robusta Tropical, observaram que o ganho de matéria fresca e seca da parte aérea apresentou resultados não significativos quando se utilizou até 40% da água disponível no solo. Porém, apresentaram redução drástica da biomassa quando se utilizou até 10% da água disponível.

Na Figura 5A e B, são apresentados os dados de matéria do sistema radicular fresco (MSRF) do cafeeiro conilon, em que o mesmo apresenta um comportamento quadrático para

ganho de matéria fresca nas diferentes disponibilidades hídricas e um comportamento linear nas diferentes épocas de avaliação.

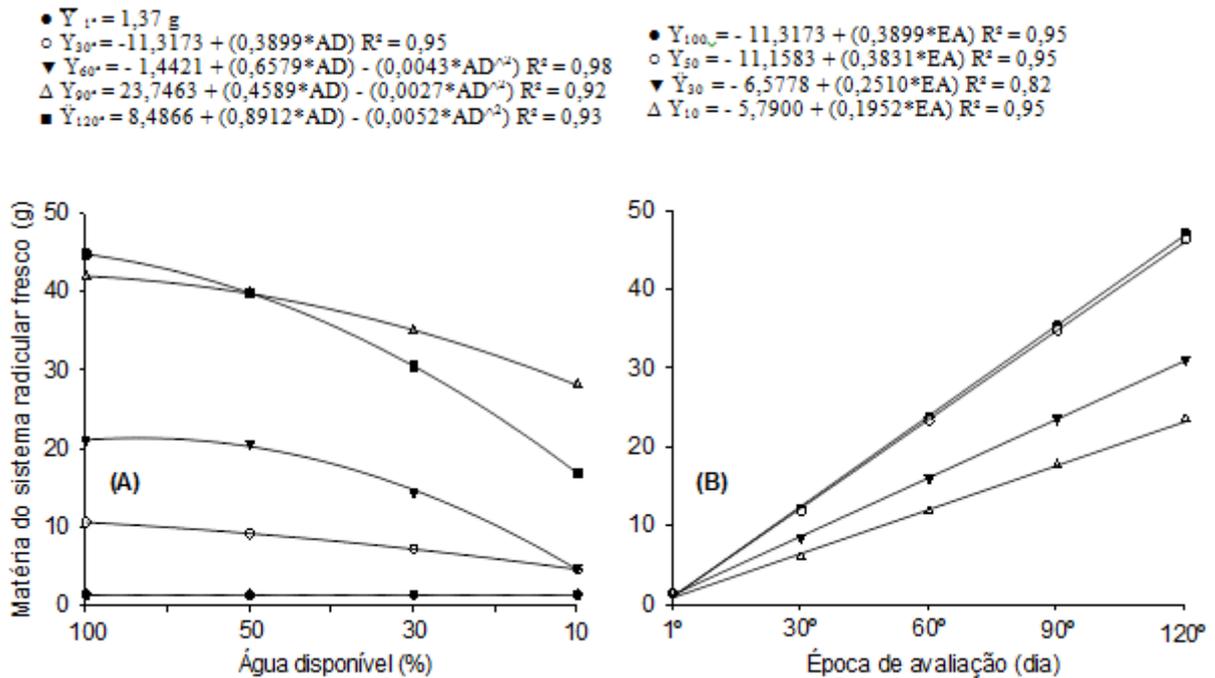


Figura 5: A - Matéria do sistema radicular fresco em função da água disponível no solo (100, 50, 30 e 10%) para cada época de avaliação e B - em função das épocas de avaliações (1°; 30°; 60°; 90° e 120° dia após início do déficit) para cada nível de água disponível em estudo.

Na Figura 5A, pode-se observar que as plantas apresentaram média de matéria do sistema radicular fresco (MSRF) de 1,37g ($\bar{Y} = 1,37\text{g}$) no primeiro dia de avaliação (EA1). No entanto, com as avaliações no 30°, 60°, 90° e 120° dia após início do déficit hídrico, é possível notar uma diferença cada vez maior entre os tratamentos. A maior diferença entre os níveis de água disponível é observada no 120° dia de avaliação, em que é demonstrada redução de 62,26% em MSRF na AD de 10% em relação à de 100%.

No entanto, observa-se que as disponibilidades hídricas de 100 e 50% da AD apresentaram resultados semelhantes para ganho em MSRF.

O comportamento de ganho de MSRF nas diferentes épocas de avaliação foi linear, atingindo ganho médio de MSRF de 44,70g no 120° dia de avaliação, utilizando 100% da AD (Figura 5B). Porém, no 120° dia após início do déficit, as plantas submetidas à AD de 10% apresentaram ganho inferior de MSRF em relação àquelas mantidas a 100% da AD, obtendo um ganho de 16,87g.

Para a variável matéria do sistema radicular seco (MSRS), observa-se na Figura 6A e B, que o comportamento dessa variável foi quadrático nos diferentes níveis de água disponível e nas diferentes épocas de avaliações.

$$\begin{aligned} & \bullet \bar{Y}_{1^{\circ}} = 0,55 \text{ g} \\ & \circ \bar{Y}_{30^{\circ}} = 0,6642 + (0,0278 * AD) - (0,0002 * AD^2) \quad R^2 = 0,95 \\ & \blacktriangledown \bar{Y}_{60^{\circ}} = 2,0573 + (0,0355 * AD) - (0,0001 * AD^2) \quad R^2 = 0,99 \\ & \triangle \bar{Y}_{90^{\circ}} = 7,0302 - (0,0018 * AD) + (0,00007 * AD^2) \quad R^2 = 0,91 \\ & \blacksquare \bar{Y}_{120^{\circ}} = 7,0806 + (0,1848 * AD) - (0,0009 * AD^2) \quad R^2 = 0,96 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \bullet Y_{100} = 3,1305 - (0,1168 * EA) + (0,0013 * EA^2) \quad R^2 = 0,99 \\ & \circ Y_{50} = 2,8090 - (0,1004 * EA) + (0,0011 * EA^2) \quad R^2 = 0,99 \\ & \blacktriangledown Y_{30} = 0,9105 - (0,0354 * EA) + (0,0006 * EA^2) \quad R^2 = 0,99 \\ & \triangle Y_{10} = 0,3835 - (0,0181 * EA) + (0,0005 * EA^2) \quad R^2 = 0,96 \end{aligned}$$

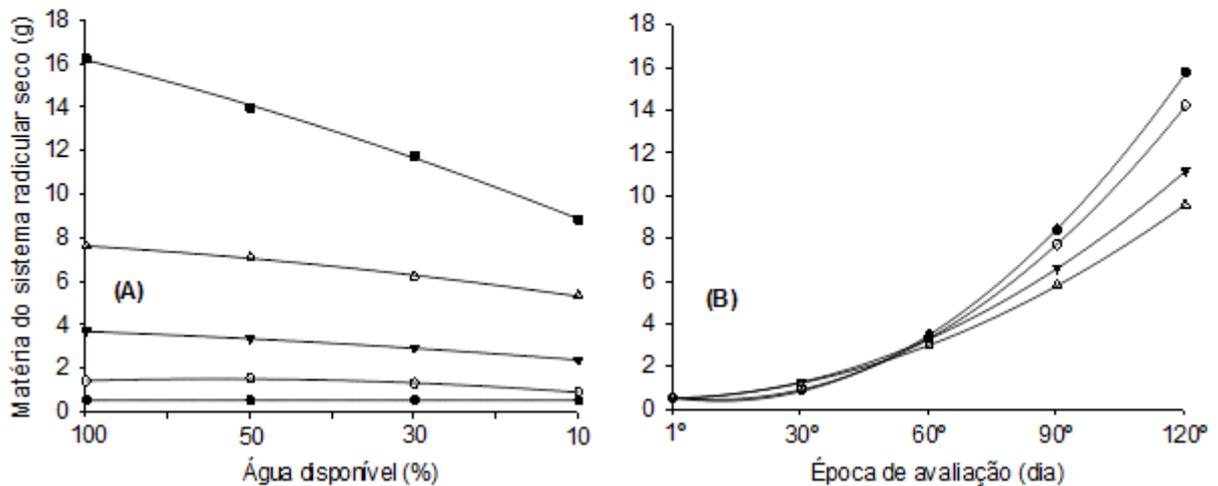


Figura 6: A - Matéria do sistema radicular seco em função da água disponível no solo (100, 50, 30 e 10%) para cada época de avaliação e B - em função das épocas de avaliações (1^o; 30^o; 60^o; 90^o e 120^o dia após início do déficit) para cada nível de água disponível em estudo.

Na primeira época de avaliação (EA1), as plantas apresentaram, em média, 0,55g ($\bar{Y} = 0,55\text{g}$) de matéria do sistema radicular seco (MSRS) (Figura 6A). Contudo, é observada uma redução de MSRS com a diminuição da água disponível no solo, atingindo valor médio máximo de 16,20g no 120^o dia de avaliação no nível de 100% da AD e reduzindo até o nível de 10% da AD, em que se obteve ganho de matéria seca de raiz de 8,84g, ou seja, 45,43% inferior ao nível 100% da AD.

Porém, observa-se que em todas as épocas de avaliações os níveis de 100 e 50% da AD apresentaram resultados semelhantes para ganho em MSRS.

Esses resultados corroboram com os de Oliveira et al. (2012) e Camara et al. (2010a), que também encontraram redução significativa para a matéria fresca e seca do sistema radicular do cafeeiro com a limitação hídrica no solo.

A MSRS do cafeeiro aumentou com o aumento das épocas de avaliações, apresentando maior ganho no 120^o dia quando se utilizou 100% da AD (Figura 6B). Esse comportamento era de se esperar, pois as plantas estão em fase de crescimento, e mesmo com certa restrição hídrica, há incremento no crescimento do cafeeiro, porém, inferior naquelas submetidas às maiores restrições hídricas.

A menor produção de raízes pelo cafeeiro sob déficit hídrico influenciará o volume de solo explorado, pois segundo Shao et al. (2008), o déficit hídrico provoca alterações na distribuição e atividade do sistema radicular, variando assim a disponibilidade de água para as

plantas de acordo com as habilidades das mesmas em expandir ou aprofundar o sistema radicular para explorar um volume maior de solo.

A altura do cafeeiro conilon, apresentado na Figura 7A e B, foi comprometida com a redução da disponibilidade hídrica nas diferentes épocas de avaliações.

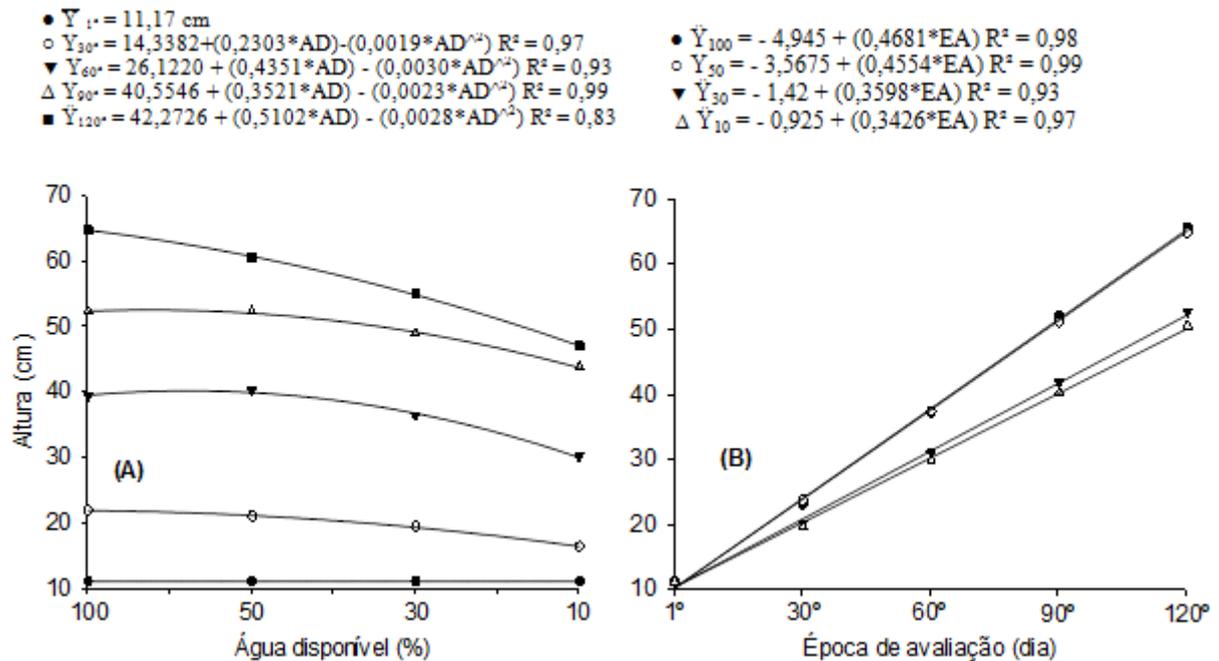


Figura 7: A - Altura em função da água disponível no solo (100, 50, 30 e 10%) para cada época de avaliação e B - em função das épocas de avaliações (1°; 30°; 60°; 90° e 120° dia após início do déficit) para cada nível de água disponível em estudo.

Na primeira época de avaliação (EA1), as plantas de todos os tratamentos apresentaram altura média de 11,7cm ($\bar{Y} = 11,7g$) (Figura 7A). A altura foi sendo comprometida com o aumento da restrição hídrica até 10% da AD, apresentando um comportamento quadrático para a variável altura.

No entanto, as disponibilidades hídricas de 100 e de 50% apresentaram resultado semelhante para ganho de altura, sendo a diferença entre os tratamentos mais expressiva nos níveis de 30% e de 10% da AD. Assim, com a redução do fator de disponibilidade hídrica, houve uma maior redução na altura do cafeeiro conilon.

A altura do cafeeiro apresentou um comportamento linear com o aumento das épocas de avaliação (Figura 7B). Porém, percebe-se que logo no 30° dia de avaliação a altura começou a ser reduzida para os déficits de 30 e 10% da AD, tendo essa diferença aumentada com o aumento das épocas de avaliação, ou seja, com a restrição hídrica prolongada. No 30° dia, a diferença de ganho de altura foi de 10,26% menor no déficit de 10% em relação ao de

100%, e essa diferença foi aumentando até no 120º dia de avaliação, onde pode ser observada uma diferença de 27,35% entre eles.

De modo semelhante, o diâmetro do caule do cafeeiro conilon foi afetado, apresentando maior ganho de diâmetro do caule nas maiores épocas de avaliação e nas maiores disponibilidades hídricas (Figura 8A e B).

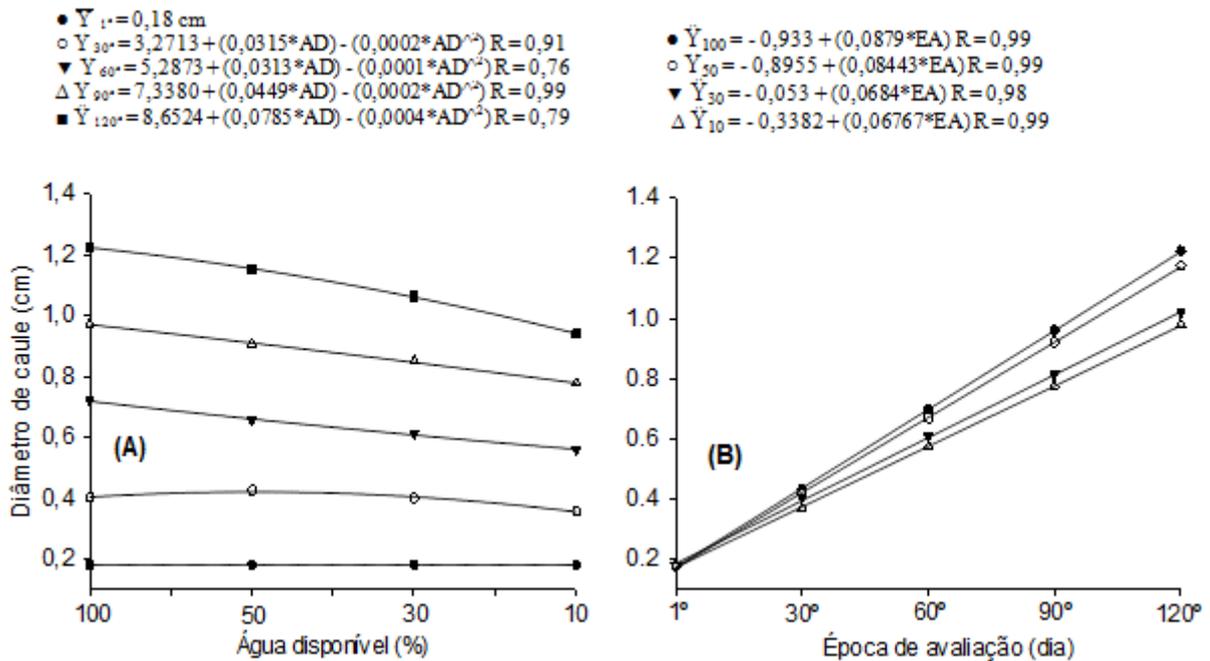


Figura 8: A – Diâmetro de caule em função da água disponível no solo (100, 50, 30 e 10%) para cada época de avaliação e B - em função das épocas de avaliações (1º; 30º; 60º; 90º e 120º dia após início do déficit) para cada nível de água disponível em estudo.

Observa-se na Figura 8A que na primeira época de avaliação (EA1) as plantas apresentavam diâmetro médio de caule de 0,18cm ($\bar{Y} = 0,18\text{cm}$), porém, a partir do 30º dia de avaliação, as plantas submetidas a menores conteúdos de água no solo apresentaram menor diâmetro de caule do que aquelas cultivadas em condições de maior disponibilidade hídrica.

O diâmetro de caule apresentou comportamento quadrático com o aumento da restrição hídrica até 10% da AD, apresentando maior redução devido ao prolongamento da restrição hídrica até no 120º dia de avaliação (EA120), sendo essa redução de 23,19% no déficit de 10% em relação ao de 100% da AD. Semelhantemente as outras variáveis estudadas, o déficit hídrico de 100 e 50% da água disponível apresentaram resultados similares.

Ao se estudar as disponibilidades hídricas nas épocas de avaliação (Figura 8B), observa-se um comportamento linear da equação que descreve essas variáveis, apresentando altos coeficientes de determinação ($R^2 = 0,98$ a $0,99$). O ganho de diâmetro é crescente ao longo das épocas de avaliação, diferindo para as diferentes disponibilidades hídricas.

Os resultados encontrados para as variáveis altura e diâmetro do caule corroboram com os resultados encontrados por Oliveira et al. (2012), que encontraram menores diâmetros de caule do cafeeiro conilon com redução da água disponível até 10%.

Ao se avaliar o número de folhas do cafeeiro conilon, verifica-se na Figura 9A e B, que o número de folhas foi afetado tanto nos níveis de água disponível quanto nas épocas de avaliação.

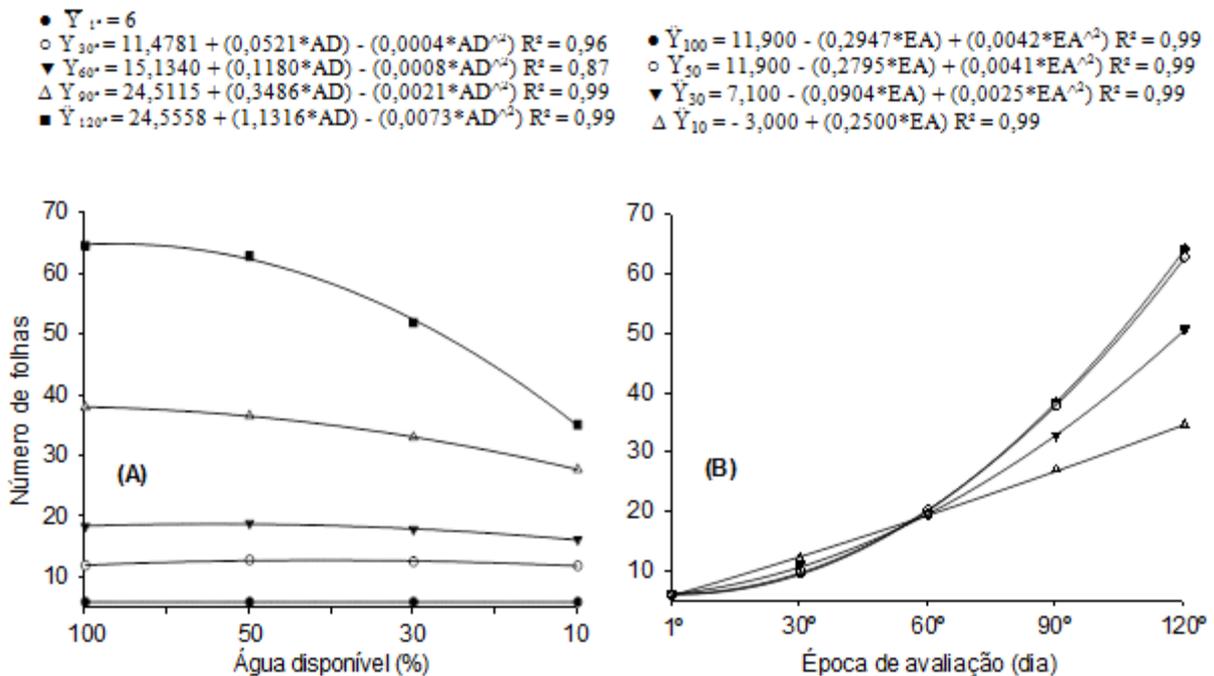


Figura 9: A – Número de folhas em função da água disponível no solo (100, 50, 30 e 10%) para cada época de avaliação e B - em função das épocas de avaliações (1°; 30°; 60°; 90° e 120° dia após início do déficit) para cada nível de água disponível em estudo.

Observa-se na Figura 9A, que no primeiro dia de avaliação (EA1), as plantas apresentavam, em média, 6 folhas ($\bar{Y} = 6$). Porém, nota-se que com o prolongamento da redução hídrica no solo, o número de folhas foi reduzido para as disponibilidades hídricas de 30% e 10%. A maior diferença ocorreu no 120° dia de avaliação, sendo essa diferença de 45,59% no déficit de 10% da AD em relação ao de 100% da AD.

Ao longo das épocas de avaliação e em todos os níveis de água disponível, o déficit de 100 e 50% da AD apresentaram resultados semelhantes.

Para o aumento do número de folhas ao longo dos períodos de avaliação, Figura 9B, é observado um comportamento quadrático para as disponibilidades hídricas de 100%, 50% e 30% da AD e um comportamento linear para a disponibilidade hídrica de 10%. Entretanto, as diferenças entre as disponibilidades hídricas tornaram-se mais acentuadas a partir do 60° dia de avaliação.

Para a variável área foliar, Figura 10A e B, são observadas uma redução da mesma quando submetida aos tratamentos realizados.

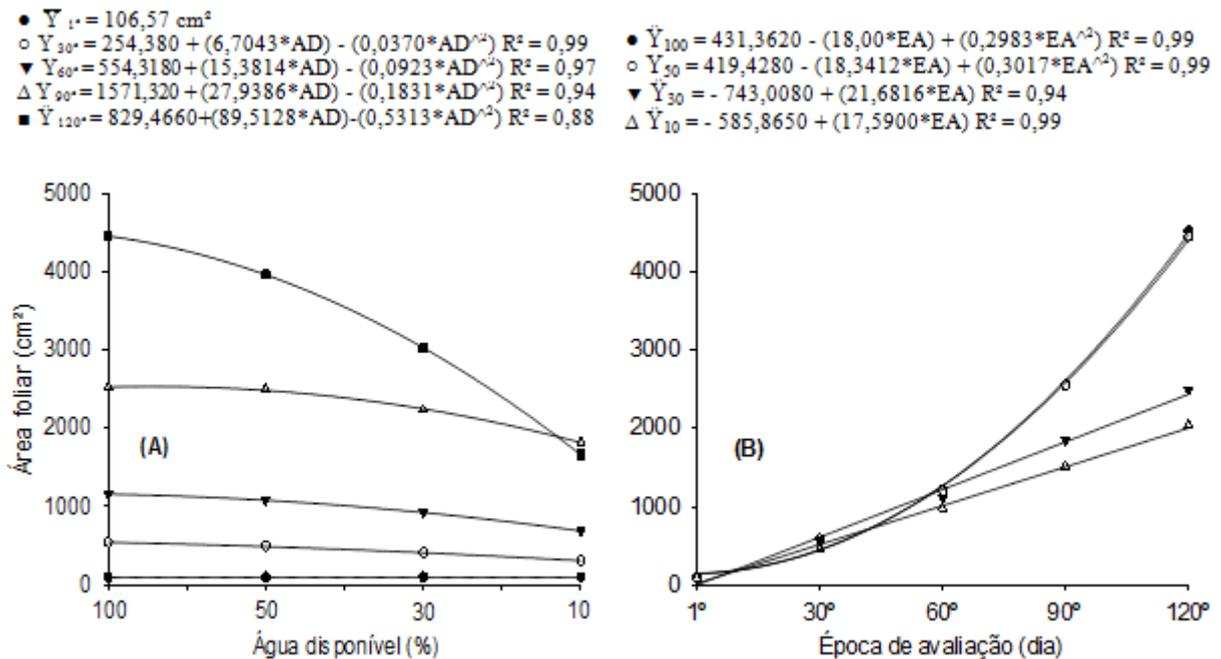


Figura 10: A – Área foliar em função da água disponível no solo (100, 50, 30 e 10%) para cada época de avaliação e B - em função das épocas de avaliações (1°; 30°; 60°; 90° e 120° dia após início do déficit) para cada nível de água disponível em estudo.

A área foliar do cafeeiro conilon, na primeira época de avaliação (EA1), foi, em média, de $106,57 \text{ cm}^2$ ($\bar{Y} = 106,57 \text{ cm}^2$) (Figura 10 A). Porém, há redução da área foliar à medida que a disponibilidade hídrica é reduzida, observando maiores reduções com o prolongamento da diminuição da água disponível no solo, sendo no 120° dia de avaliação (EA120 – relativo a 120 dias de déficit), cuja redução foi de 62,59% para a disponibilidade hídrica de 10% em relação ao de 100% da AD.

Na Figura 10B, pode-se observar um crescimento quadrático para as disponibilidades hídricas de 100% e 50% e um crescimento linear para as de 30% e 10% da AD. De modo semelhante ao número de folhas, as maiores diferenças de área foliar ocorreram após o 60° dia de avaliação.

No entanto, nas épocas de avaliações, é observado que os níveis de 100 e 50% da água disponível apresentaram resultados semelhantes para ganho em área foliar.

Oliveira et al. (2012), ao avaliar diferentes disponibilidades hídricas no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, encontraram redução no número de folhas e, conseqüentemente, na área foliar do cafeeiro conilon, quando se utilizou até 10% da água disponível no solo, no entanto, ao utilizarem 100%, 70% e 40% da água disponível, as plantas apresentaram desenvolvimento semelhante dessas variáveis.

3.1 Período de Recuperação Após o Déficit Hídrico

Para todos os parâmetros avaliados, ao final do processo de recuperação do cafeeiro conilon após passar pelos períodos de restrição hídrica (30, 60, 90 e 120 dias), observa-se pela análise de variância nos Apêndices D e E, que não houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) para a época de avaliação de 30 dias (restrição hídrica por 30 dias).

Nos outros períodos de avaliações referentes às restrições hídricas por 60, 90 e 120 dias, houve resultados tanto significativos quanto não significativos ($p \leq 0,05$) para os parâmetros avaliados, podendo ser observado nos Apêndices F, G, H, I, J e K.

Na Figura 11A e B, são apresentados os valores da recuperação da matéria da parte aérea fresca (MPAF) e da matéria da parte aérea seca (MPAS), respectivamente, nas quatro épocas de avaliações submetidas às restrições hídricas.

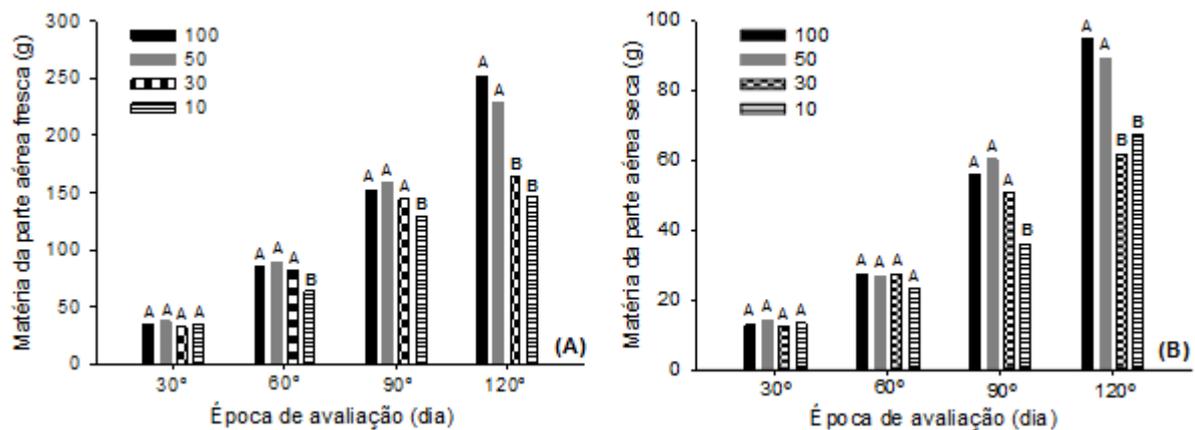


Figura 11: A - Matéria da parte aérea fresca e B - matéria da parte aérea seca em função da água disponível no solo (100, 50, 30 e 10%) para cada época de avaliação (30°, 60°, 90° e 120° dia após déficit hídrico).

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

A matéria da parte aérea fresca (Figura 11A), no 30° dia de avaliação após restrição hídrica, teve recuperação satisfatória em relação ao tratamento padrão (100% da AD), não havendo diferença estatisticamente significativa, apresentando como média geral 35,00g de MPAF.

Porém, nota-se que nas demais épocas de avaliações (60°, 90° e 120° dia), referentes a 60, 90 e 120 dias de restrição hídrica, respectivamente, o cafeeiro conilon teve a recuperação da MPAF comprometida, diferindo significativamente no 60° e 90° dia para o déficit de 10% da AD e no 120° dia para os déficits de 30 e 10% da AD, em relação à disponibilidade hídrica

de 100%. Com isso, fica evidente o efeito prolongado da restrição hídrica sobre a produção de MPAF do cafeeiro conilon.

Para a matéria da parte aérea seca (Figura 11B), o cafeeiro teve resposta satisfatória de recuperação, em que os tratamentos não diferiram no 30° e 60° dia de avaliação, apresentando média geral de 13,20g e de 26,18g, respectivamente. Entretanto, no 90° dia de avaliação, o cafeeiro conilon teve sua MPAS comprometida na disponibilidade hídrica de 10% da AD. Essa resposta fica ainda mais comprometida no 120° dia de avaliação, tendo o cafeeiro conilon a recuperação da MPAS comprometida na disponibilidade hídrica de 30 e 10% da AD em relação ao déficit de 100% da AD.

Para ambas as variáveis (MPAF e MPAS), 50% da água disponível não comprometeu o desenvolvimento do cafeeiro, sendo estatisticamente igual ao déficit de 100% da AD.

Araujo et al. (2011), ao estudarem a influência do déficit hídrico no desenvolvimento de duas cultivares de café conilon, observaram que plantas mais desenvolvidas apresentaram melhores respostas ao déficit hídrico, em relação às mais novas.

Na Figura 12 A e B, são apresentados os valores de recuperação da matéria do sistema radicular fresco (MSRF) e da matéria do sistema radicular seco (MSRS) nas diferentes épocas de avaliações.

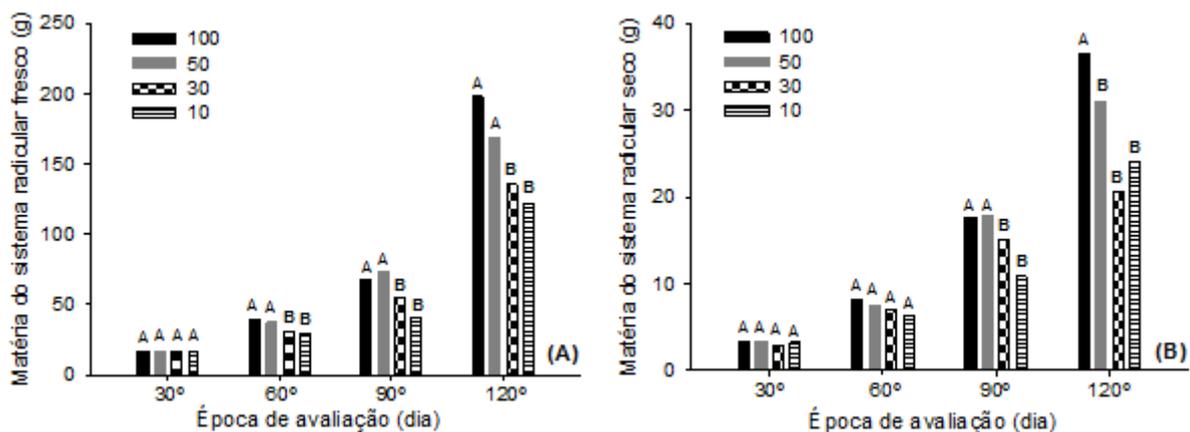


Figura 12: A - Matéria do sistema radicular fresco e B - matéria do sistema radicular seco em função da água disponível no solo (100, 50, 30 e 10%) para cada época de avaliação (30°, 60°, 90° e 120° dia após déficit hídrico).

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

A matéria do sistema radicular fresco (MSRF) do cafeeiro conilon (Figura 12A) teve resposta não significativa para todos os déficits hídricos no 30° dia de avaliação após início da restrição hídrica no solo, ou seja, as plantas tiveram a MSRF recuperada, apresentando como média geral, MSRF de 16,61 g.

No entanto, após o 60º dia de avaliação, a produção de MSRF foi afetada pela disponibilidade hídrica de 30% e 10% da AD. Observa-se ainda que a diferença de perda de MSRF foi aumentando com as épocas de avaliações, também efeito da restrição hídrica prolongada. No 120º dia de avaliação encontrou-se a maior diferença de perda de biomassa, chegando a 38,15% entre os níveis de 100 e de 10% da AD.

Para a matéria do sistema radicular seco (MSRS), observa-se na Figura 12B, que no 30º e 60º dia de avaliação a MSRS se recuperou, à semelhança da disponibilidade hídrica de 100%, não diferindo entre os tratamentos. Porém, no 90º e 120º dia de avaliação, a MSRS é comprometida, não se recuperando para os níveis de 30 e 10% da AD, em relação ao de 100% da AD.

Diferente da MPAF, MPAS e da MSRF, o nível de 50% da AD, no 120º dia de avaliação, comprometeu significativamente a produção de MSRS em relação ao de 100% da AD. Com isso, tornar-se necessário verificar as reais necessidades hídricas do cafeeiro conilon, visando entender melhor os diferentes níveis de água disponível necessários ao desenvolvimento inicial da cultura.

Fialho et al. (2010), ao estudarem o comportamento do cafeeiro arábica submetido ao déficit hídrico durante o desenvolvimento inicial, trabalhando com diferentes épocas de aplicação de estresse hídrico, observaram que plantas mais desenvolvidas apresentaram resposta superior àquelas menos desenvolvidas, corroborando com os dados encontrados neste trabalho.

Na Figura 13 A e B são apresentados os dados de recuperação, após período de déficit hídrico, da altura e do diâmetro de caule do cafeeiro conilon, respectivamente.

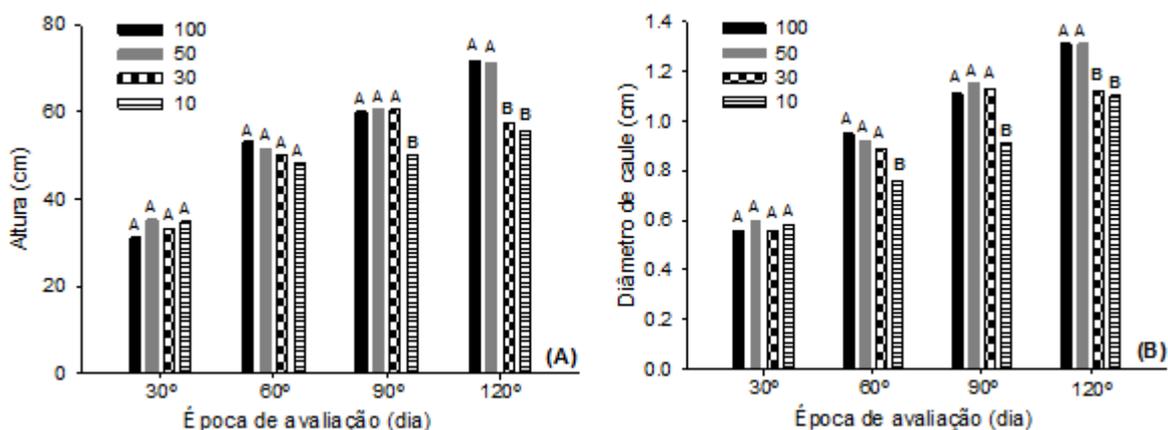


Figura 13: A - Altura e B - diâmetro de caule em função da água disponível no solo (100, 50, 30 e 10%) para cada época de avaliação (30º, 60º, 90º e 120º dia após déficit hídrico). Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

A altura do cafeeiro conilon (Figura 13A) teve recuperação satisfatória no 30° e 60° dia de avaliação, não diferindo estatisticamente para todos os níveis de água disponível no solo, apresentando resultados estatisticamente não significativos, tendo como média geral 33,56 cm e 50,82 cm de altura, respectivamente.

Porém, no 90° dia de avaliação, as plantas submetidas à disponibilidade hídrica de 10% da AD tiveram resultado significativo, não conseguindo se recuperar, quando comparadas àquelas mantidas com umidade do solo próxima a 100% da água disponível.

No 120° dia de avaliação, os níveis de 30% e de 10% da AD tiveram a altura comprometida significativamente, não se recuperando quando comparado a 100% da AD.

Para o diâmetro de caule (Figura 13B), o déficit hídrico até o 30° dia de avaliação também apresentou resultado não significativo para todos os níveis de água disponível, apresentando recuperação satisfatória, obtendo como média geral diâmetro de 0,58 cm. Contudo, nota-se que no 60° e 90° dia de avaliação o diâmetro do cafeeiro conilon foi comprometido, apresentando resultado significativo para o nível de 10% da AD.

No entanto, no 120° dia de avaliação o diâmetro do cafeeiro passa a ser afetado, além do nível de 10%, também pelo de 30% da AD. Assim, com o prolongamento da restrição hídrica no solo, as plantas não conseguiram se recuperar, quando comparado àquelas mantidas com umidade do solo próximo a 100% da AD.

Zonta et al. (2009) e Busato et al. (2007) encontraram menores alturas e diâmetros de caule para o cafeeiro conilon quando submetidos a menores níveis de água disponível no solo, ressaltando a influência negativa do estresse hídrico sobre o desenvolvimento inicial do cafeeiro.

Na Figura 14 A e B são apresentados os dados de recuperação, após período de déficit hídrico, do número de folhas e da área foliar do cafeeiro conilon, respectivamente.

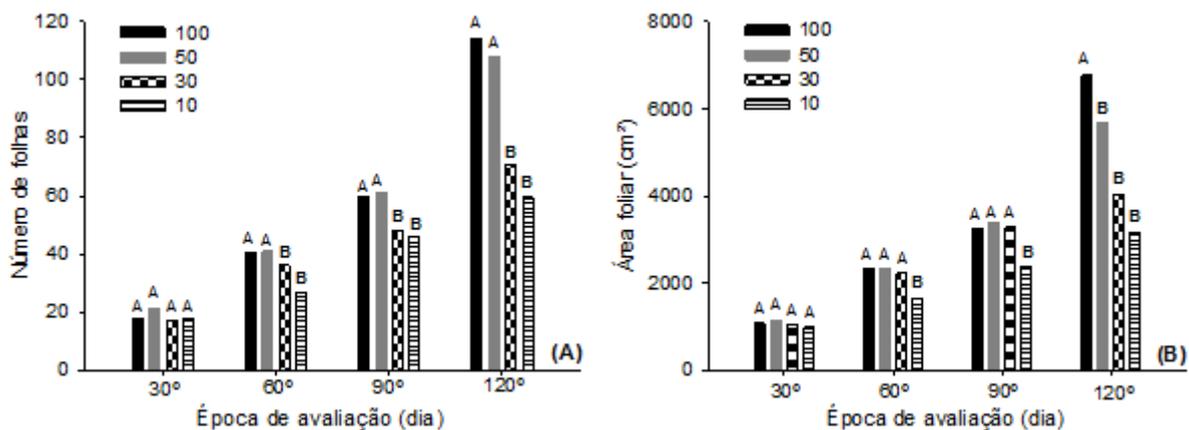


Figura 14: A – Número de folhas e B – área foliar em função da água disponível no solo (100, 50, 30 e 10%) para cada época de avaliação (30°, 60°, 90° e 120° dia após déficit hídrico).

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

O número de folhas do cafeeiro apresentou resultado não significativo entre os tratamentos no 30° dia de avaliação, ou seja, a restrição hídrica por 30 dias não afetou, sobremaneira o número de folhas do cafeeiro, ao ponto de não conseguir se recuperar após déficit, apresentando média geral de 18,44 folhas (Figura 14A).

No entanto, após o 60° dia de avaliação, observa-se que nos níveis de 30% e 10% da AD, o número de folhas apresentou resultado significativo, não se recuperando, quando comparado ao de 100% da AD. Com o prolongamento da restrição hídrica, percebe-se que as diferenças entre os déficits de 100% e os de 30% e 10% aumentam ainda mais, em consequência do dano ocasionado pela restrição hídrica prolongada.

Semelhante ao número de folhas, a área foliar do cafeeiro conilon apresentou total recuperação entre os tratamentos no 30° dia de avaliação (Figura 14B). Porém, no 60° dia de avaliação, a recuperação foi comprometida, apresentando resultado significativo para o nível de 10% da AD no 60° e 90° dia. No entanto, no 120° dia a recuperação das plantas submetidas aos níveis de 30% e de 10% da AD apresentam resultados significativos, desfavorecendo ainda mais o processo de recuperação do cafeeiro após período de déficit hídrico.

Tanto Oliveira et al. (2012) quanto Camara et al. (2010b), encontraram menores valores para números de folhas e área foliar, respectivamente, em plantas submetidas à déficit hídrico prolongado, demonstrando assim, maiores danos no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon em períodos prolongados de estresse hídrico e, conseqüentemente, dificultando a recuperação da mesma com o retorno da irrigação.

4. CONCLUSÕES

1. O desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon Robusta Tropical foi comprometido com a redução da disponibilidade hídrica do solo.
2. A restrição hídrica prolongada influenciou significativamente o desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon.
3. As plantas submetidas a um período de 30 dias de restrição hídrica apresentaram total recuperação, quando comparada àquelas mantidas com umidade do solo próximo de 100% da água disponível.
4. Para todas as variáveis, o período maior que 30 dias de restrição hídrica afetou significativamente o desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon, dificultando seu processo de recuperação após restrição hídrica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, G. L.; REIS, E. F.; MORAES, W. B.; GARCIA, G. O.; NAZÁRIO, A. A. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. **Irriga**, Botucatu, v.16, n.2, p.115-124. 2011.

BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; VIEIRA, M.; BRAGAFILHO, L. J. Determinação de área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. 'Bourbon Amarelo'). **Revista Ceres**, Viçosa, v.20, n.107, p.44-52, 1973.

BUSATO, C.; REIS E. F. dos; MARTINS C. C.; PEZZOPANE, J. E. M. Lâminas de irrigação aplicadas ao café conilon na fase inicial de desenvolvimento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 54, n. 314, p. 351-357, 2007.

CAMARA, G. R.; CAZOTTI, M. M.; ARAÚJO, G. L.; DONATELLI JÚNIOR, E. J.; RODRIGUES, R. R.; MARTINS, C. A. S.; FIALHO, REIS, E. F. dos. Avaliação da matéria fresca e seca do sistema radicular do Cafeeiro conilon robusta tropical submetido a diferentes doses de um hidretentor e diferentes intervalos de irrigação, em seu desenvolvimento inicial. In: XIV Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica, 2010, São José dos Campos, SP. **Anais...** São José dos Campos-SP: XIV INIC, 2010(a). CD-ROM.

CAMARA, G. R.; CAZOTTI, M. M.; ARAÚJO, G. L.; DONATELLI JÚNIOR, E. J.; RODRIGUES, R. R.; MARTINS, C. A. S.; FIALHO, REIS, E. F. dos. Desenvolvimento da área foliar do Cafeeiro conilon robusta tropical submetido a diferentes doses de um hidretentor e diferentes intervalos de irrigação. In: XIV Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica, 2010, São José dos Campos, SP. **Anais...**São José dos Campos-SP: XIV INIC, 2010(b). CD-ROM.

CENTURIN, J. F.; ANDREOLI, I. Regime hídrico de alguns solos de Jaboticabal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 701-709, 2000.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira: café**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/.../11_05_10_09_04_16_boletim_ccafe_portugu...>. Acesso em: 15 maio de 2013.

DIAS, C. P.; ARAÚJO, W. L.; MORAES, G. A. B. K. de; POMPELLI, M. F.; BATISTA, K. D.; CATEN, A. T.; VENTRELLA, M. C.; DAMATTA, F. M. Crescimento e alocação de biomassa em duas progênies de café submetidas a déficit hídrico moderado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Anais...** Brasília: EMBRAPA/Café, 2005.1 CD-ROM.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997.

FIALHO, G. S.; SILVA, D. P. da.; REIS, E. F. dos R.; FONSECA, A. F. A. da F. FERRÃO, M. A. G. Comportamento de plantas de café arábica submetidas a déficit hídrico durante o desenvolvimento inicial. **Idesia**, Chile, v. 28, nº 3, p. 35-39, 2010.

FONSECA, A. F.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FILHO, A. C. V.; VOLPI, P. S.; ZUCATELLI, F. Incaper 8142 – **Conilon Vitória**: variedade clonal de café. Vitória, ES: INCAPER, 2004.

MARTINS, F. B.; STRECK, N. A.; SILVA, J. C. da.; MORAIS, W. W.; SUSINS, F.; NAVROSKI, M. C.; VIVIAN, M. A. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1297-1306, 2008.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. (Coord.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília : Embrapa-SEA, p.189-253, 1991.

OLIVEIRA, A. C. R.; PIZETTA, S. C.; REIS, E. F. dos. Análise do desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon Cultivar robusta tropical submetido a déficit hídrico. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 90, 2012.

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

SHAO, H. B.; CHU, L. Y.; JALEEL, C. A.; ZHAO, C. X. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, Paris, v. 331, n. 3, p. 215–225, Mar. 2008.

SINGH, D. K.; BIRD, P. R.; SAUL G. R. Maximising the use of soil water by herbaceous species in the high rainfall zone of southern Australia: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, Austrália, v. 54, n. 7, p. 667-691, 2003.

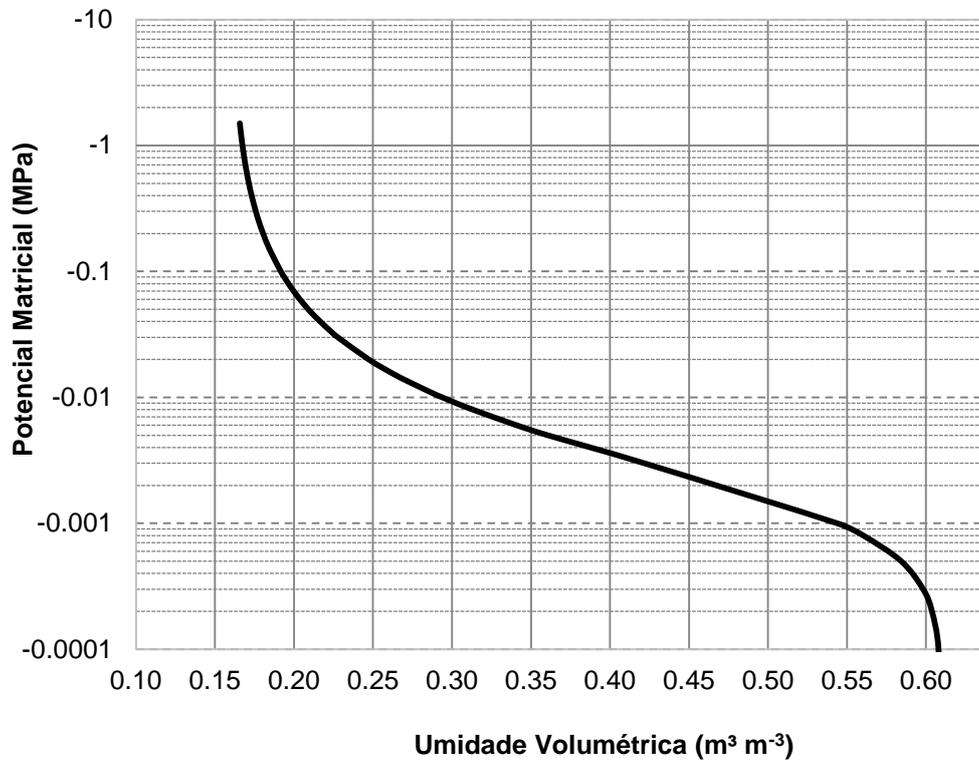
SOUSA, M. B. A.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, L. O.; BUFFON, V. B.; BONOMO, R. **Avaliação de irrigação em propriedades de café conilon no norte do Espírito Santo**. In: IRRIGAÇÃO do cafeeiro: informações técnicas e coletâneas de trabalhos. Viçosa: Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais, 2003. 260 p.

VAN GENUCHTEN, M. Th. A Closed – **Form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils**. Soil Science Society of America Journal, 44: 892 – 898, 1980.

ZONTA, J. H. BRAUN, H.; REIS E. F.; SILVA, D. P.; ZONTA, J. B. Influência de diferentes turnos de rega e doses de hidroabsorvente no desenvolvimento inicial da cultura do café conillon (*Coffea canephora* Pierre). **Idesia**, Chile, v. 27, n. 3, p. 29-34, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Curva de retenção de água do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado no experimento e ajustada de acordo com metodologia de Van Genuchten (1980).



APÊNDICE B - Análise de variância de matéria da parte aérea fresca (MPAF), matéria da parte aérea seca (MPAS), matéria do sistema radicular fresco (MSRF) e matéria do sistema radicular seco (MSRS) do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		MPAF	MPAS	MSRF	MSRS
Água disponível	3	3244,954**	196,348**	681,372**	14,257**
Época	4	53714,570**	6345,901**	3752,489**	404,776**
Época x Água disponível	12	1040,138**	64,7827**	96,427**	7,190**
Resíduo	60	33,596	4,228	6,485	0,582
Média Geral		53,824	18,693	18,723	4,973
CV %		10,769	11,000	13,602	15,348

** Significativo a 1% de probabilidade.

APÊNDICE C: Análise de variância da altura (ALT), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		ALT	DC	NF	AF
Água disponível	3	248,270 ^{**}	7,045 ^{**}	302,733 ^{**}	3032971,000 ^{**}
Época	4	6063,827 ^{**}	212,896 ^{**}	5876,000 ^{**}	29354720,000 ^{**}
Época x Água disponível	12	51,110 ^{**}	1,484 ^{**}	130,900 ^{**}	1123361,000 ^{**}
Resíduo	60	7,707	0,317	13,933	42356,060
Média Geral		34,582	0,636	24,750	1431,767
CV %		8,028	8,850	15,082	14,374

^{**} Significativo a 1% de probabilidade.

APÊNDICE D: Análise de variância de matéria da parte aérea fresca (MPAF), matéria da parte aérea seca (MPAS), matéria do sistema radicular fresco (MSRF) e matéria do sistema radicular seco (MSRS) do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, para a avaliação da recuperação das plantas submetidas ao déficit hídrico de 30 dias

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		MPAF	MPAS	MSRF	MSRS
TRAT	3	18,751 ^{ns}	2,023 ^{ns}	0,176 ^{ns}	0,186 ^{ns}
Resíduo	12	6,700	1,132	0,739	0,154
Média Geral		35,004	13,202	16,617	3,208
CV %		7,395	8,061	5,173	12,236

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

APÊNDICE E: Análise de variância da altura (ALT), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, para a avaliação da recuperação das plantas submetidas ao déficit hídrico de 30 dias

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		ALT	DC	NF	AF
TRAT	3	14,820 ^{ns}	0,199 ^{ns}	17,062 ^{ns}	1567,880 ^{ns}
Resíduo	12	8,521	0,246	4,895	7298,705
Média Geral		33,562	0,578	18,438	1058,500
CV %		8,697	8,579	12,001	8,071

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

APÊNDICE F: Análise de variância de matéria da parte aérea fresca (MPAF), matéria da parte aérea seca (MPAS), matéria do sistema radicular fresco (MSRF) e matéria do sistema radicular seco (MSRS) do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, para a avaliação da recuperação das plantas submetidas ao déficit hídrico de 60 dias

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		MPAF	MPAS	MSRF	MSRS
TRAT	3	481,996 ^{**}	15,721 ^{ns}	86,790 ^{**}	2,389 ^{ns}
Resíduo	12	78,225	12,449	10,047	0,788
Média Geral		79,771	26,181	32,712	7,231
CV %		11,087	13,477	9,689	12,280

^{**} Significativo a 1% de probabilidade; e ^{ns} não significativo.

APÊNDICE G: Análise de variância da altura (ALT), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, para a avaliação da recuperação das plantas submetidas ao déficit hídrico de 60 dias

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		ALT	DC	NF	AF
TRAT	3	16,405 ^{ns}	2,673 [*]	168,250 ^{**}	452983,900 ^{**}
Resíduo	12	6,505	0,583	6,916	43547,590
Média Geral		50,819	0,882	36,125	2138,900
CV %		5,019	8,655	7,280	9,756

^{*}, ^{**} Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; e ^{ns} não significativo.

APÊNDICE H: Análise de variância de matéria da parte aérea fresca (MPAF), matéria da parte aérea seca (MPAS), matéria do sistema radicular fresco (MSRF) e matéria do sistema radicular seco (MSRS) do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, para a avaliação da recuperação das plantas submetidas ao déficit hídrico de 90 dias

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		MPAF	MPAS	MSRF	MSRS
TRAT	3	634,574 [*]	449,430 ^{**}	817,620 ^{**}	41,130 ^{**}
Resíduo	12	154,495	16,819	37,312	2,243
Média Geral		146,270	50,787	61,140	15,314
CV %		8,497	8,075	9,990	9,780

^{*}, ^{**} Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

APÊNDICE I: Análise de variância da altura (ALT), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, para a avaliação da recuperação das plantas submetidas ao déficit hídrico de 90 dias

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		ALT	DC	NF	AF
TRAT	3	18,537*	1,241*	224,250**	848760,700*
Resíduo	12	14,272	0,613	33,916	196509,700
Média Geral		59,287	1,108	57,125	3075,000
CV %		6,372	7,067	10,195	14,416

*, ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

APÊNDICE J: Análise de variância de matéria da parte aérea fresca (MPAF), matéria da parte aérea seca (MPAS), matéria do sistema radicular fresco (MSRF) e matéria do sistema radicular seco (MSRS) do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, para a avaliação da recuperação das plantas submetidas ao déficit hídrico de 120 dias

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		MPAF	MPAS	MSRF	MSRS
TRAT	3	10271,670**	1048,483**	6965,100**	197,590**
Resíduo	12	547,616	57,653	570,878	116,518
Média Geral		197,900	78,311	149,180	28,026
CV %		11,825	9,696	16,016	11,118

** Significativo a 1% de probabilidade.

APÊNDICE K: Análise de variância da altura (ALT), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, para a avaliação da recuperação das plantas submetidas ao déficit hídrico de 120 dias

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		ALT	DC	NF	AF
TRAT	3	297,229**	5,453**	3527,396**	10487900,00**
Resíduo	12	21,770	0,290	235,979	428485,300
Média Geral		65,062	1,211	90,562	4911,200
CV %		7,283	4,451	16,962	13,328

** Significativo a 1% de probabilidade.