

**CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E CONSUMO DE ÁGUA DO
CAFEEIRO CONILON SOB MANEJO IRRIGADO E DE SEQUEIRO**

MARIA CHRISTINA JUNGER DELÔGO DARDENGO

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
OUTUBRO – 2012**

**CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E CONSUMO DE ÁGUA DO
CAFEEIRO CONILON SOB MANEJO IRRIGADO E DE SEQUEIRO**

MARIA CHRISTINA JUNGER DELÔGO DARDENGO

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal”

Orientador: Prof. Elias Fernandes de Sousa

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
OUTUBRO – 2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCTA / UENF** 075/2012

Dardengo, Márcia Christina Junger Delôgo

Crescimento, produtividade e consumo de água do cafeeiro Conilon sob manejo irrigado e de sequeiro / Maria Christina Junger Delôgo Dardengo. – 2012.

97 f. : il.

Orientador: Elias Fernandes de Sousa.

Tese (Doutorado - Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2012.

Bibliografia: f. 88 – 97.

1. *Coffea canephora* 2. Recipientes 3. Níveis de sombreamento 4. Irrigação 5. Rendimento I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

CDD–
633.7387

CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E CONSUMO DE ÁGUA DO
CAFEEIRO CONILON SOB MANEJO IRRIGADO E DE SEQUEIRO

MARIA CHRISTINA JUNGER DELÔGO DARDENGO

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal”

Aprovado em 29 de outubro de 2012.

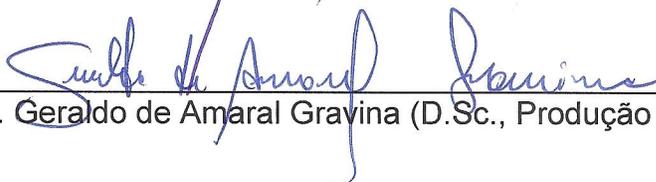
Comissão Examinadora:



Prof. Edvaldo Fialho dos Reis (D.Sc., Engenharia Agrícola) – CCA-UFES



Prof. Henrique Duarte Vieira (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF



Prof. Geraldo de Amaral Grayina (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF



Prof. Elias Fernandes de Sousa (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF
Orientador

Ao meu saudoso do pai, Alceu (*In memoriam*) e à minha amada mãe Celeyda.

Ao meu Irmão Zeca e minha inesquecível irmã Terezinha (*In memoriam*).

Ao meu esposo, Nequinha.

Aos meus filhos, Marina e Lucas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que iluminou sempre o meu caminho, de forma que pudesse concluir este trabalho.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes – *Campus de Alegre*) pela oportunidade e realização do curso de doutorado.

À direção do Ifes, Campus de Alegre-ES, pela disponibilização de insumos, equipamentos e tudo o mais necessário para desenvolvimento desta pesquisa.

Ao meu orientador, Prof^o Elias Fernandes de Sousa pelo acolhimento e confiança no trabalho por mim desenvolvido. A sua maneira de ser facilitou em muito o meu aprendizado. Obrigada pela confiança, apoio e amizade.

Ao meu coorientador, Prof^o Edvaldo Fialho dos Reis pelo apoio incondicional ao longo desses anos de estudo, que iniciou com a orientação do meu mestrado. Muito obrigada por tudo!

Aos Professores Geraldo de Amaral Gravina e Henrique Duarte Vieira, pela amizade, orientações e apoio.

Ao meu ex-aluno Aldemar Polonini Morelli, pelo seu empenho nas realizações das análises físicas dos grãos em todas as colheitas, amizade e apoio.

Aos funcionários do Ifes, Campus de Alegre, Jiboia, Juldair, Raul, Heraldo, Kim, Neca, Adilson, Wilton, Luiz, Vicente e principalmente Marquinhos, pela colaboração em diferentes momentos ao longo de 5 anos de pesquisa.

Aos alunos Gustavo Huguinin, Renan e Rômulo na fase de produção de mudas; Lucas Rosa, Giseli, Duilho, Rodolfo e Valdeberto na fase de desenvolvimento das mudas no campo; e demais alunos que estiveram envolvidos em avaliações desse projeto, que aceitaram o desafio de desenvolver pesquisa com café no Ifes. Agradeço pela dedicação, compromisso e amizade.

Em especial, gostaria de destacar a participação da Bruna, que esteve presente desde a primeira colheita e não me abandonou na difícil etapa de avaliação das raízes, em que tive também a colaboração da Camila.

Aos colegas Professores Jânderson e Caiado (meu primo Lelo), pelas traduções do texto em inglês.

Ao Profº Cláudio por ter assumido a disciplina Construções e Instalações Rurais, durante esses anos de DINTER.

A todos os colegas e demais professores do DINTER.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| RESUMO GERAL | vii |
| GENERAL ABSTRACT | ix |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 4 |
| 2.1 CAFEICULTURA DO CAFÉ CONILON NO BRASIL E NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO..... | 5 |
| 2.2 CULTURA DE CAFÉ CONILON..... | 5 |
| 2.3 CRESCIMENTO VEGETATIVO E REPRODUTIVO..... | 7 |
| 2.4 IRRIGAÇÃO DO CAFEIEIRO CONILON..... | 11 |
| 2.5 ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DO CAFEIEIRO CONILON NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO..... | 13 |
| 2.6 PRODUÇÃO, RENDIMENTO E QUALIDADE DO CAFEIEIRO CONILON..... | 14 |
| 2.7 PRODUÇÃO E QUALIDADE DA MUDA..... | 18 |
| 3. TRABALHOS | 25 |
| 3.1 ÍNDICES DE QUALIDADE DE MUDAS DE CAFÉ CONILON EM DIFERENTES RECIPIENTES E NÍVEIS DE SOMBREAMENTO | 25 |
| RESUMO..... | 25 |
| ABSTRACT..... | 26 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 27 |

| | |
|--|-----------|
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 29 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 32 |
| 4 CONCLUSÕES | 40 |
| 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 41 |
| 3.2 CRESCIMENTO DE RAMOS E RAÍZES DO CAFEIRO CONILON SOB MANEJO IRRIGADO E DE SEQUEIRO..... | 44 |
| RESUMO..... | 44 |
| ABSTRACT..... | 45 |
| INTRODUÇÃO..... | 45 |
| MATERIAL E MÉTODOS..... | 47 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 51 |
| CONCLUSÕES | 59 |
| LITERATURA CITADA..... | 60 |
| 3.3 RENDIMENTO, QUALIDADE E CONSUMO DE ÁGUA DO CAFEIRO CONILON SOB MANEJO IRRIGADO E DE SEQUEIRO..... | 63 |
| RESUMO..... | 63 |
| ABSTRACT..... | 64 |
| Introdução..... | 65 |
| Material e métodos..... | 67 |
| Resultados e discussão..... | 70 |
| Conclusões | 80 |
| Referências..... | 80 |
| 4. RESUMO E CONCLUSÕES..... | 85 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 88 |

RESUMO GERAL

DARDENGO, Maria Christina Junger Delôgo, D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Outubro de 2012; Crescimento, Produtividade e Consumo de Água do Cafeeiro Conilon sob Manejo Irrigado e de Sequeiro; Orientador: Elias Fernandes de Sousa; Coorientador: Edvaldo Fialho dos Reis.

Com o objetivo de avaliar e comparar o crescimento, a produtividade e o consumo de água do cafeeiro conilon oriundo de mudas produzidas em dois recipientes (tubetes e sacolas) e diferentes níveis de sombreamento (0%, 30%, 50% e 75%), sob manejo irrigado e de sequeiro, como também, avaliar o crescimento e a qualidade das mudas assim produzidas, foi desenvolvido um experimento no Ifes, Campus de Alegre-ES, em dois ambientes: viveiro (FI) e campo (FII), no período de abril de 2007 a abril de 2012. Em FI, o delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, distribuído em parcelas subdivididas 2 (recipientes) x 4 (níveis de sombreamento), com dez repetições. Mudanças de café conilon produzidas em tubetes a 30% e 50% de sombreamento e em sacolas a 50% e 75% apresentaram maior crescimento e melhor qualidade. O crescimento de mudas a pleno sol foi inferior ao obtido nos níveis de sombreamento. Os valores médios dos índices de qualidade de mudas formadas em tubetes e sacolas foram: 3,95 para a relação entre a altura da planta e diâmetro do coleto; de 1,2 para a relação de matéria seca entre a parte aérea e raiz e índice de qualidade de Dickson de 0,57. A matéria seca total e o diâmetro do coleto são as variáveis de crescimento

com efeito direto em sentido favorável, indicando presença de causa e efeito com o índice de qualidade de Dickson, constituindo-se em principais determinantes da qualidade da muda de café conilon, em ambos recipientes. Em FII, o delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, distribuído em esquema de parcelas subdivididas 2 (manejos) x 2 (recipientes) x 4 níveis de sombreamentos usados na produção das mudas, utilizando-se três repetições. O período de crescimento vegetativo ativo das plantas coincidiu com temperaturas médias entre 22,5 e 26,2 °C e período de maior precipitação. Abaixo de 20,3 °C e acima de 31,5 °C o crescimento de ramos diminuiu, em ambos os manejos. Plantas irrigadas apresentaram maior número nós, de flores vingadas, de frutos por ramo plagiotrópico e por nó, como também, maior produção por planta e rendimento. A irrigação promoveu melhor distribuição do sistema radicular no perfil do solo, com maior concentração das raízes na camada de 0-20 cm. O total de raízes finas obtidos em plantas irrigadas foi superior ao de plantas de sequeiro. Os níveis de sombreamento usados na produção das mudas somente influenciaram o diâmetro de raízes de plantas irrigadas. O tipo de recipiente usado na formação das mudas não influenciou o crescimento de ramos e desenvolvimento de raízes do cafeeiro conilon e sim o sistema de manejo das plantas. Em plantas irrigadas, os valores somados de produtividade nos quatro anos safra foi 162% superior ao de plantas de sequeiro. Na avaliação das três colheitas, os índices de rendimento médios de plantas irrigadas foram de 4,5 kg de café da roça/ kg de café beneficiado; 1,9 kg de café coco/ kg de café beneficiado e 5,6 balaios de 80 L sc⁻¹ e em plantas de sequeiro, de 8,2 kg de café da roça/ kg de café beneficiado; 3,1 kg de café coco/ kg de café beneficiado e 12 balaios de 80 L sc⁻¹. A qualidade dos grãos do cafeeiro conilon obtidos em plantas irrigadas foi superior ao de plantas de sequeiro. Do plantio aos 52 meses, as plantas irrigadas apresentaram maior consumo de água por planta e menor consumo de água por quilo de café beneficiado. Não houve influência do tipo de recipiente e níveis de sombreamento na produtividade, rendimento e qualidade do cafeeiro conilon.

Palavras-chave: *Coffea canephora*, recipientes, níveis de sombreamento, irrigação, rendimento.

GENERAL ABSTRACT

DARDENGO, Maria Christina Junger Delôgo, D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; October, 2012; Growth, Yield and Water Consumption of Conilon Coffee under Irrigated and Rainfed Management; Advisor: Elias Fernandes de Sousa; CoAdvisor: Edvaldo Fialho dos Reis.

Aiming to evaluate and compare the growth, productivity and water consumption of conilon coffee come from seedlings produced in two containers (polyethylene tubes and plastic bags) and different shading levels (0%, 30%, 50% and 75%), under irrigated and rainfed management, but also to evaluate the growth and quality of seedlings produced this way, an experiment was conducted at Ifes, Campus Alegre-ES, in two environments: nursery (FI) and field (FII). The experiment was conducted from April 2007 to April 2012. In FI, the experimental design used was completely randomized, distributed in split-plot scheme 2 (containers) x 4 (shading levels), with ten repetitions. The results indicate that seedlings of conilon coffee produced in polyethylene tubes with 30% and 50% of shade, and in plastic bags with 50% and 75% of shade showed more growth and better quality. The growth of seedlings in full sun was lower than that obtained in the other levels of shading. The mean values of the seedling quality indexes produced in polyethylene tubes and plastic bags were: 3.95 for the ratio between plant height and stem base diameter; 1.2 for the dry matter relation between shoot and root and 0.57 for the Dickson quality index. The total dry matter and stem

diameter are the variables of growth with favorable direct effect, indicating the presence of cause and effect with Dickson quality index, constituting a major determinant of the quality of conilon coffee seedling in both containers. In FII, the experimental design used was completely randomized, distributed in split-plot scheme 2 (managements) x 2 (containers) x 4 shading levels used in the production of seedlings, with three repetitions. The period of active vegetative growth of the plants coincided with average temperatures between 22.5 and 26.2 °C and period of higher precipitation. Below 20.3 ° C and above 31.5 ° C the growth of branches decreased in both managements. The irrigated plants had greater number of nodes, succeeded flowers, and number of fruits per plagiotropic stem and node, as well as greater production and yield. Irrigation promoted better root distribution in soil profile, with a higher concentration of roots at 0-20 cm depth. The total fine roots observed in irrigated plants was higher than in non-irrigated ones. The level of shading used in the nursery only affected the diameter of root irrigated plants. The type of container used in the seedlings formation did not influence shoot growth and root development of Conilon coffee. These variables were influenced only by the type of plant management system. In irrigated plants, the summed value of crop productivity in the four years was 162% higher than in non-irrigated plants. In evaluating the three crops, the average output indexes of irrigated plants were 4.5 kg of fresh coffee fruits / processed, 1.9 kg of dried cherry coffee / processed and 5.6 baskets of L of 80-sc¹ and in rainfed plants, 8.2 kg of fresh coffee fruits / processed, 3.1 kg of dried cherry coffee / processed and 12 baskets of 80-L¹ sc. The quality of the Conilon coffee beans obtained in irrigated plants was higher than of non-irrigated plants. From planting to the 52 months, the irrigated plants had higher water consumption per plant and lower water consumption per kilo of processed coffee beans. It was not observed the influence of the type of container and level of shading on productivity, yield and quality of Conilon coffee.

Key words: *Coffea canephora*, containers, shading levels, irrigation, yield.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Estado do Espírito Santo é maior produtor brasileiro de café conilon, destacando-se por apresentar a maior produtividade média do país (CONAB, 2012). Contudo, existem diferenças extremas entre as regiões produtoras capixabas decorrentes de problemas agronômicos e climáticos. Na mesorregião Norte, concentra-se cerca de 80% da produção estadual de café conilon, cuja adoção de tecnologias traduz a elevada produtividade das lavouras, com destaque para irrigação. Em contrapartida, na Região Sul a produção corresponde a cerca de 12% do total produzido, cuja produtividade das lavouras é inferior à média do estado (SEAG, 2008).

A cafeicultura moderna e racional recente da utilização de mudas de alta qualidade, traduzidas como aquelas que apresentam menor custo e maior pegamento no campo. A qualidade da muda é influenciada pelo volume do recipiente, substrato utilizado em seu enchimento e nível de sombreamento adotado para sua produção. Usualmente, o nível de sombreamento adotado é de 50%. Entretanto, a produção a pleno sol, ou seja, sem sombreamento artificial, tem sido testada pelos viveiristas buscando-se reduzir o custo da estrutura dos viveiros e o maior pegamento das mudas após o seu plantio no campo.

Pela facilidade de execução, o princípio de avaliação da qualidade da muda de cafeeiros baseia-se em medidas de crescimento obtidas nos diferentes sistemas de produção, como também na coloração das folhas, presença e ausência de danos causados por pragas e doenças, dentre outros aspectos. Com

isso, para definição do padrão de qualidade, devem ser utilizados índices, que são associações entre as características de crescimento, ou seja, razão entre altura e diâmetro do coleto (RAD), razão entre parte aérea e raiz (RPAR) e índice de qualidade de Dickson (IQD), que estabelece a relação entre a matéria seca total, RAD e RPAR. Entretanto, existem poucos trabalhos científicos sobre a utilização desses índices na padronização e classificação da qualidade da muda de cafeeiros.

O zoneamento agroclimático para o café conilon no Estado do Espírito Santo, mostra que em quase toda região produtora existe alguma limitação de produtividade em relação ao atendimento hídrico nas fases críticas de crescimento (PEZZOPANE et al., 2010). Desse modo, o uso da irrigação tem se tornado cada vez mais frequente, porém nem sempre seguindo padrões corretos de dimensionamento e manejo. Existem vários métodos que permitem quantificar a lâmina de irrigação, com diferentes níveis de precisão e complexidade de seu controle. Os mais difundidos e de fácil aplicação são aqueles inerentes ao solo, caracterizados como aqueles mais trabalhosos e em geral, de menor custo.

De acordo com o IBGE, 75% da área cultivada com café conilon no Estado do Espírito Santo já são irrigados, principalmente nas regiões mais quentes e com maior déficit hídrico. Assim, a irrigação é um avanço tecnológico na cafeicultura por possibilitar a adoção de novas tecnologias de plantio, expansão da área produtiva, além de ser uma forma de mitigar os problemas da deficiência hídrica nos períodos críticos da cultura, ou seja, do florescimento à granação, e de promover incrementos à produção. Entretanto, existe carência de informações, principalmente na Região Sul capixaba, com relação ao período de repouso, coeficiente de cultura, profundidade do sistema radicular a ser adotado no manejo da irrigação das diferentes variedades de café conilon e fases de crescimento. A adoção de critérios técnicos para determinação do momento de irrigar e a lâmina a ser aplicada para suprir, de forma eficiente, às necessidades do cafeeiro, devem ser melhor investigadas.

O crescimento do cafeeiro é influenciado pela disponibilidade hídrica, temperatura e fotoperíodo. Os cafeeiros crescem mais na fase de formação do que na fase de produção, sendo intenso na primavera/verão e mínimo no outono/inverno. Contudo, esse padrão de crescimento pode ser afetado pela irrigação. Em lavouras irrigadas, observa-se um maior período de crescimento

dos ramos em relação as não irrigadas que, por sua vez, apresentam maiores taxas de crescimento. A irrigação afeta também o crescimento radicular do cafeeiro, reduzindo a profundidade de penetração, estimulando o desenvolvimento de raízes nas camadas mais superficiais do solo, como também, influencia diversos processos fisiológicos da planta considerando-se os efeitos indiretos na absorção dos nutrientes presentes na solução do solo, que está diretamente relacionada com a produtividade.

Na avaliação da cafeicultura capixaba, verifica-se para o café conilon, um aumento significativo na produtividade e grandes diferenças em sua qualidade, que está associada às características intrínsecas dos frutos, preparo e secagem. Com isso, os investimentos em infraestruturas e adoção de tecnologias que minimizem as perdas de rendimento e proporcionem melhorias na qualidade do produto, são medidas que veem de encontro às exigências de mercado, contribuindo assim, para o aumento da rentabilidade do agronegócio “café” na conquista de melhores preços.

Ante ao exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar e comparar o crescimento, a produtividade e o consumo de água do cafeeiro conilon oriundo de mudas produzidas em dois recipientes (tubetes e sacolas) e diferentes níveis de sombreamento (0%, 30%, 50% e 75%) sob manejo irrigado e de sequeiro, como também, avaliar o crescimento e a qualidade das mudas assim produzidas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CAFEICULTURA DO CAFÉ CONILON NO BRASIL E NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo, respondendo por 35% a 38% da produção mundial, seguido de Vietnã e Colômbia, e os Estados Unidos são os maiores consumidores. Essa produção é proveniente de uma área plantada de 2.056,422 mil hectares e parque cafeeiro com cerca de 6,73 bilhões de covas. A safra de 2011 fechou em 43,48 milhões de sacas de café beneficiado de 60 kg (74% de arábica e 26% de conilon). A cafeicultura está presente em 370 mil propriedades, 2 mil municípios e 18 Estados, empregando 8 milhões de pessoas, cuja produtividade média é de 21,15 sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare (CONAB, 2012).

O parque cafeeiro brasileiro de café conilon (*C. canephora*) está inserido em 532 mil hectares, sendo 494 mil ha em produção, apresentando uma população de 1,15 bilhões de plantas. O Estado do Espírito Santo é o segundo maior produtor de café (24,8%) e o maior produtor nacional de café conilon, com 8,49 milhões de sacas 60 kg de café beneficiado por hectare em 2011, o que corresponde a 76% da produção nacional. Essa produção é proveniente de uma área cultivada de 280,08 mil hectares, cuja produtividade média é de 30,3 sacas beneficiadas de 60 kg por hectare (CONAB, 2012). A cafeicultura de café conilon

está presente em 65 dos 78 municípios capixabas, 40 mil propriedades e 78 mil famílias, gerando cerca de 250 mil empregos, sendo que 75% dos cafeicultores são pequenos produtores de base familiar, com tamanho médio das lavouras de 9,85 hectares (Fassio e Silva, 2007).

Os municípios capixabas maiores produtores estão localizados na Região Litoral Norte, Noroeste e Colatina (Jaguaré, Vila Valério, Sooretama, Rio Bananal e São Gabriel da Palha), sendo responsáveis por cerca de 80% do total produzido no estado, com lavouras altamente produtivas. Na Região Sul, o café conilon é cultivado principalmente na bacia do Rio Itapemirim, com destaque para os municípios de Cachoeiro de Itapemirim e Castelo, cuja produção corresponde a menos de 12% do total produzido no estado, em que a produtividade média das lavouras é de 20,0 sc ha⁻¹, a mais baixa dentre todas as regiões capixabas produtoras. Os principais fatores que contribuíram de forma negativa para essa realidade na região Sul do Estado do Espírito Santo foram os problemas climáticos e agrônômicos, o que traz como consequência a baixa produtividade média, a qualidade insatisfatória do produto e baixa rentabilidade (SEAG, 2008).

2.2 CULTURA DO CAFÉ CONILON

No Brasil, a espécie *Coffea canephora* foi introduzida no Estado do Espírito Santo por volta de 1912, pelas mãos de Jerônimo Monteiro, ex-governador. As primeiras sementes foram plantadas em Cachoeiro de Itapemirim e, posteriormente, levadas para a região Norte do Estado, após o programa de erradicação do café no País, e paralelamente, por ocasião da implantação do plano de renovação da cafeicultura. Contudo, a produção dessa espécie no Estado era reduzida até a geada ocorrida em 1975 no Sul do país, que marcou de forma decisiva a história da produção de Conilon no Brasil, devido ao financiamento para o plantio. Com o estímulo, o Estado do Espírito Santo revitalizou-se, o que possibilitou ultrapassar estados produtores mais tradicionais, destacando-se atualmente como maior produtor brasileiro de café conilon (Ferrão et al., 2007a; Ferrão et al., 2007b).

A espécie *Coffea canephora* é originária de regiões equatoriais e tropicais da África, existindo dois grupos de materiais genéticos distintos, que são

classificados como Congolense e Guineano. O primeiro grupo, que inclui o café conhecido como Robusta, é originário da África Central (República Centro-Africana, Congo e Camarões), caracterizada por temperaturas elevadas e estação seca moderada. O nome Robusta, da espécie *C. canephora*, advém da expressão rusticidade e resistência às doenças das plantas, sendo, portanto, um excelente material para ser cultivado em clima equatorial. O segundo grupo, que inclui o tipo Conilon, é originado da região oeste da África (Guiné e Costa do Marfim), que é caracterizada por temperaturas elevadas e estação seca moderada a acentuada (Ferrão et al., 2007a). O café Conilon tem seu nome derivado do rio Kouillou no Congo ou do rio Kwilu no Zaire (Berthaud, 1985), com as letras K e U sendo substituídas por C e N, respectivamente (Fazuoli, 1986). Segundo Fonseca (1996), salvo algumas poucas lavouras existentes no Estado de Rondônia, cultiva-se no Brasil a variedade Conilon (Guineano), introduzida a partir de seleções do grupo Kouillou.

É espécie *C. canephora* é perene, de porte arbustivo e caule lenhoso. Geralmente são multicaules, podendo atingir até 5 metros de altura. As folhas são maiores e de coloração verde menos intensa que de café arábica, elípticas, lanceoladas, com bordas bem onduladas e nervuras bem salientes. As flores são brancas, em grande número por inflorescência e por axila foliar. Os frutos são um pouco mais esféricos, menores, com coloração vermelha, amarela e alaranjada, quando maduros, e exocarpo mais fino e, as sementes apresentam tamanho variável, com película prateada bem aderente, endosperma de cor verde e elevado teor de cafeína e de sólidos solúveis (Fazuoli, 1986). Citologicamente é uma espécie diplóide ($2n= 22$ cromossomos), alógama e autoincompatível, de forma que a multiplicação ocorre por intermédio da fecundação cruzada (Ferrão et al., 2009).

Em virtude da característica de fecundação cruzada da espécie, o que limita a fixação de características de interesse, os programas de melhoramento de *C. canephora* têm sido desenvolvidos em busca da obtenção de variedades produtivas e de elevada qualidade do grão. No Estado do Espírito Santo, a partir de 1985, a Emcapa (Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária), hoje Incaper (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural), iniciou o programa de melhoramento genético e nutrição de plantas, considerando-se as diferentes características que a espécie apresenta, tais como: alogamia,

autoincompatibilidade e reprodução de forma sexuada e assexuada (Fonseca et al., 2004).

Os resultados desse programa permitiram o desenvolvimento e recomendação das seguintes variedades: Emcapa 8111, Emcapa 8121 e Emcapa 8131 de maturação precoce, média e tardia, respectivamente (Bragança, 1993); Emcapa 8141 - Robustão Capixaba, constituída de 10 clones tolerantes à seca (Ferrão et al., 1999); Emcaper 8151 - Robusta Tropical, de propagação por semente, oriunda da recombinação de 53 clones elites do programa de melhoramento genético (Ferrão et al., 2000); Vitória Incaper 8142 (Conilon Vitória), constituída por 13 clones superiores compatíveis entre si (Fonseca et al., 2004).

Apesar da superioridade das variedades clonais em produtividade e qualidade final da produção em relação às cultivares propagadas por sementes, pode ser possível obter variedades e híbridos sintéticos propagados de forma sexuada com produtividade compatível à das cultivares clonais (Fonseca et al., 2004; Ferrão et al., 2000).

2.3 CRESCIMENTO VEGETATIVO E REPRODUTIVO

A periodicidade de crescimento vegetativo tem sido estudada por vários pesquisadores, tanto para o café arábica (Amaral et al., 2001, 2006; DaMatta et al., 1999), quanto para o café conilon (Partelli et al., 2010; Amaral et al., 2007; Libardi et al., 1998). Foi observado que para latitudes superiores a 15° S, o maior crescimento vegetativo ocorre com dias mais longo e mais quentes, bem como com a precipitação mais elevada, enquanto as taxas de crescimento vegetativo inferiores ocorreram nos meses mais frios com dias mais curtos (Silva et al., 2004; Nazareno et al., 2003; Barros et al., 1997). De acordo com Amaral (1991) e Carvalho et al. (1993), os cafeeiros crescem mais rapidamente na fase de formação do que na fase de produção.

As taxas de crescimento do ramo plagiotrópico do cafeeiro conilon no município de Linhares, norte do Estado do Espírito Santo, em lavouras não irrigadas, foi baixo nos meses de junho a setembro ($0,03 \text{ cm dia}^{-1}$); aumentou com

o início das chuvas e atingiu valores máximos em outubro ($0,40 \text{ cm dia}^{-1}$); reduziu em dezembro ($0,20 \text{ cm dia}^{-1}$) e atingiu valores mínimos em fevereiro, pelas altas temperaturas; aumentou ligeiramente em março/abril ($0,08 \text{ cm dia}^{-1}$) e, a partir de maio, retornou aos valores mínimos. Sob irrigação, a taxa de crescimento dos ramos laterais, que foi mínima em julho ($\approx 0,03 \text{ cm dia}^{-1}$), aumentou já em agosto ($\approx 0,08 \text{ cm dia}^{-1}$) e setembro ($\approx 0,17 \text{ cm dia}^{-1}$), diferentemente da não irrigada, e atingiu taxas máximas em outubro ($\approx 0,33 \text{ cm dia}^{-1}$); a partir desse ponto, as taxas de crescimento assemelham-se às daquelas de lavouras não irrigadas (Silveira, 1996; Silveira e Carvalho, 1996).

De modo geral, no sul do Estado do Espírito Santo, o crescimento de folhas e de ramos do cafeeiro conilon, conduzido sem irrigação, acompanhou as curvas de temperaturas mínima, média e máxima, assim como a época de maior precipitação pluvial; e o inverso ocorrendo na fase de crescimento reduzido. As maiores taxas de crescimento coincidiram com temperaturas mínimas acima de $17,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, temperaturas médias situadas entre 22 e $26 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e temperaturas máximas em torno de $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Amaral et al., 2007).

Da mesma forma, Partelli et al. (2010) observaram que para o café conilon cultivado em Campos dos Goytacazes, norte do Estado do Rio de Janeiro, a taxa de crescimento variou ao longo do ano, o que parece estar relacionado com a temperatura mínima do ar na fase de baixo crescimento, enquanto que a taxa mais elevada ocorreu quando a média da temperatura mínima do ar foi superior a $17 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e a média das temperaturas máximas foi inferior a $31,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Abaixo de $17 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a taxa de crescimento dos ramos diminuiu.

Dentre os aspectos que tem relação direta com a produção e, por conseguinte, a produtividade do cafeeiro está o crescimento reprodutivo, compreendido nas fases de floração, frutificação e maturação dos frutos. O cafeeiro é uma espécie com floração gregária e, portanto, todas as plantas de uma região florescem simultaneamente (Rena e Barros, 2004). Na região equatorial, ocorre uma ou várias floradas ao longo do ano, enquanto que no sudeste do Brasil o número varia entre três a quatro floradas, com intensidades diferentes. Segundo Rena e Maestri (1986), esse hábito reprodutivo leva a dificuldades relacionadas com colheitas parciais, controle de doenças e pragas dos frutos e redução na qualidade dos grãos.

Em café conilon, as inflorescências (glomérulos) são formadas a partir de gemas seriadas (sendo um glomérulo por cada gema) localizadas aleatoriamente nas axilas das folhas e ramos laterais que se formaram na estação de crescimento do ano corrente, de forma que a floração depende estreitamente do crescimento do ramo plagiotrópico. Na axila de cada folha do cafeeiro conilon aparecem normalmente 3,3 glomérulos e o número médio de flores por glomérulo é de 3,4. Portanto, apenas uma roseta de um dado ramo plagiotrópico produziria, potencialmente, de 22 a 24 frutos ou chumbinhos (Ronchi e DaMatta, 2007). No Sudeste do Brasil, Barros et al. (1973) constataram que a iniciação floral ocorre à medida que os dias se encurtam, a temperatura se reduz e a estação seca avança.

Após a abertura das flores, inicia-se a fase da frutificação, na qual ocorre o pegamento, o desenvolvimento e a maturação dos frutos. Geralmente o período crescimento do fruto é dividido em cinco fases distintas, semelhante às das do café arábica: chumbinho, expansão rápida, formação do endosperma, granação e maturação. Para identificação dos estádios de maturação dos frutos do café conilon, é utilizada uma escala visual, definida pela cor da casca, para separá-los em cinco classes distintas: verde, verde amarelo, vermelho claro, vermelho escuro e fruto preto. A escala pode ser usada para avaliação quantitativa e qualitativa da maturação dos frutos (Ronchi e DaMatta, 2007).

As características do sistema radicular variam grandemente de acordo com a espécie, idade da planta, carga de frutos, densidade de plantio, clima, pragas e doenças, podas, métodos de cultivo, tipo, fertilidade e atributos físicos do solo, bem como a quantidade e localização da umidade (Ronchi e DaMatta, 2007). De acordo com Rena e Guimarães (2000), o sistema radicular do cafeeiro é pseudopivotante, pois na maioria dos casos, suas raízes pivotantes se apresentam curtas, grossas e terminam abruptamente, sendo que raramente estendem-se mais que 45 cm abaixo da superfície do solo e, frequentemente, são múltiplas. Contudo, Rena (1998) sustenta que o sistema radicular do café conilon concentra-se na projeção de sua copa, nas proximidades do tronco, e sua estrutura e distribuição no solo são muito semelhantes às das do café arábica.

Vários sistemas radiculares de café conilon foram estudados em Linhares, Espírito Santo, e não apresentaram grandes diferenças em relação ao sistema radicular do café arábica, quanto à sua estrutura e distribuição (Rena e DaMatta,

2002). Em estudo de campo sobre o desenvolvimento radicular de plantas de café conilon propagadas por sementes e estacas, Partelli et al. (2006), observaram maior concentração de raízes na camada superior do solo (0–20 cm), quando foi obtida a concentração de 72,54% e 63,87%, tanto a 25 cm quanto a 50 cm de distância do tronco, como também, não foram observadas diferenças no comprimento e área superficial de raízes produzidas por volume de solo entre as plantas propagadas por sementes e estacas.

A redução da densidade de raízes finas com a profundidade pode estar associada à baixa fertilidade nas camadas mais profundas do solo, bem como ao aumento da densidade ao longo do perfil do solo. Santinato et al. (2008) afirmaram que o cafeeiro desenvolve-se bem, com densidade do solo em torno de $1,2 \text{ g.cm}^{-3}$. Acima de $1,5 \text{ g.cm}^{-3}$, o sistema radicular, notadamente as radículas, é prejudicado. Tal afirmação vem de encontro aos resultados obtidos por Carvalho e Silveira (1989), que estudaram o cafeeiro conilon obtido de mudas seminais e clonais, que cresciam em solos com densidade variando entre 1,08 a $1,88 \text{ g cm}^{-3}$. Concluíram que ambos os tipos de mudas apresentaram a mesma capacidade de penetração no solo; nenhuma raiz conseguiu romper as camadas compactadas de densidades de 1,73 e $1,88 \text{ g cm}^{-3}$; o crescimento das raízes decresceu com o aumento da densidade do solo, que por sua vez, promoveu o engrossamento das raízes.

Além do impedimento físico, camadas subsuperficiais com teores tóxicos de alumínio (Al^{3+}), podem reduzir o aprofundamento do sistema radicular do café conilon. De acordo com Matiello et al. (2008), os clones de café conilon estudados apresentaram redução no desenvolvimento das raízes e parte aérea, em relação a cultivar Catuaí Amarelo, como também, menor tolerância ao alumínio e menores teores de fósforo e cálcio nas folhas e raízes. Com isso, é muito possível que seu sistema radicular seja bem superficial em diversas regiões onde é cultivado (Garçoni e Prezotti, 2009).

É importante ressaltar que a irrigação afeta o padrão de crescimento radicular do cafeeiro, reduzindo a profundidade de penetração da raiz pseudopivotante, estimulando o desenvolvimento de raízes primárias e secundárias nas camadas mais superficiais do solo (Rena, 1998). Assim, o grau de umidade do solo influencia diversos processos fisiológicos da planta,

considerando-se seu efeito direto sobre o crescimento e indireto na absorção de nutrientes existentes na solução do solo (Silva e Reis, 2007).

2.5 IRRIGAÇÃO DO CAFEEIRO CONILON

A utilização da irrigação na cafeicultura redesenhou a distribuição geográfica do cultivo de café no Brasil, incorporando áreas antes não recomendadas para o plantio e transformando-as em novos polos de desenvolvimento da cultura e de regiões (Mantovani et al., 2009).

A ampliação de áreas cultivadas para regiões mais secas e o aumento do déficit hídrico mesmo em regiões tradicionalmente consideradas aptas, intensificou o uso da irrigação, cuja implantação traduz-se em retornos produtivos vantajosos com ótima relação custo/benefício, como também, por eliminar riscos sobre os investimentos realizados no processo produtivo, especialmente nos sistemas de produção mais tecnificados (Matiello et al., 2009). Contudo, a agricultura irrigada é responsável por 60% do consumo de água do planeta. Com isso, são necessários procedimentos que analisem a eficiência e a uniformidade dos sistemas de irrigação, como forma de garantir o uso racional e sustentável dos recursos hídricos (Oliveira et al., 2010).

Atualmente, cerca de 50% das lavouras de café conilon em produção, localizadas no Estado do Espírito Santo são irrigadas, o que corresponde a 140 mil hectares, com respostas muito favoráveis à prática de irrigação, sendo os métodos e sistemas mais empregados os pressurizados e de irrigação localizada (Ferrão et al., 2012).

Resultados de pesquisas indicam o efeito positivo da irrigação tanto no crescimento e desenvolvimento da planta como na produtividade (Coelho et al., 2009; Teodoro et al., 2005; Alves et al., 2000). Entretanto, a irrigação apresenta como principal problema a quantificação adequada do volume de água a ser aplicado por um determinado sistema de irrigação, nos diferentes períodos de crescimento e frutificação do cafeeiro. O objetivo, portanto, é irrigar de forma a suplementar ou complementar as precipitações, ou ainda, de forma total e obrigatória, quando as precipitações são ausentes, em um ou mais períodos do

processo produtivo do cafeeiro, sem se esquecer do crescimento vegetativo (Santinato et al., 2008). De acordo com Matiello et al. (2009), a irrigação em lavouras de conilon tem sido feita em larga escala do tipo “salvação”, cobrindo períodos críticos na floração e granação dos frutos.

O cafeeiro necessita de água facilmente disponível no solo em sua fase vegetativa, para promover o crescimento dos ramos laterais, e em sua fase reprodutiva para se desenvolver e produzir satisfatoriamente. Já na fase de colheita e repouso, a exigência é menor, podendo o solo ficar mais seco, sem causar grandes prejuízos para a planta. Nesse período ocorre a formação dos botões florais em que o déficit hídrico pode favorecer a sincronização de abertura das flores (Matiello et al., 2009). Fora do período de estresse hídrico, as irrigações devem ser feitas de modo a suprir as necessidades hídricas do cafeeiro, para que as plantas possam expressar seu potencial de crescimento e produção (Guerra et al., 2007).

Existem diversos equipamentos, metodologias e modelos agrometeorológicos utilizados no manejo da irrigação, destacando-se aqueles que apresentam maior simplicidade e funcionalidade. Assim, a necessidade de irrigação pelo cafeeiro, para definição adequada da lâmina a ser aplicada, tem sido quantificada pelo uso de variáveis climatológicas e métodos relativos ao comportamento da umidade do solo (Scalco et al., 2009).

O manejo de irrigação via solo considera a umidade do solo onde o sistema radicular da cultura está se desenvolvendo e pode ser feito usando tensiômetros, sondas de perfil ou qualquer outro instrumento de medição ou estimativa da umidade do solo. Na instalação desses instrumentos deve-se escolher cuidadosamente o local de sua implantação, pois esses aparelhos refletem medidas pontuais (Pires et al., 2001).

Diversos autores observaram aumento no crescimento e desenvolvimento do cafeeiro irrigado em comparação com o não irrigado, em diferentes regiões cafeeiras do Brasil. Alves (1999) no Sul de Minas Gerais, Mudrik et al. (2003) na Zona da Mata de Minas Gerais e Santinato et al. (2006) no Oeste da Bahia. Entretanto, alguns trabalhos estão sendo desenvolvidos com o objetivo de verificar qual o melhor método de irrigação para o cafeeiro. Os resultados evidenciam a superioridade significativa dos tratamentos irrigados por diferentes sistemas, quando comparados com a testemunha (sem irrigação). Segundo

Drumond et al. (2006), após cinco safras, os sistemas de irrigação não apresentaram resultados diferentes entre si, promovendo um aumento de produtividade de 75 até 137% em relação ao tratamento sem irrigação.

2.6 ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DO CAFEEIRO CONILON NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

No zoneamento agroclimático para o cultivo do café conilon no Estado do Espírito Santo, 14,15% da área total foram consideradas aptas; 44,90% aptas com restrição hídrica; 22,61% com impedimento térmico e 18,34% com impedimento hídrico (Tiques e Dadalto, 2007). Contudo, Pezzopane et al. (2009a) consideram que as áreas aptas para o desenvolvimento do café conilon representam 15,8% da área total do estado; 62% das áreas aptas necessitam de irrigação, 16,2% são inaptas por carência térmica e 6,1% das áreas apresentam restrição térmica.

As regiões aptas estão concentradas nas regiões Centro e Sul do estado, que apresentam baixos déficits hídricos. As áreas com aptidão térmica e necessidade de irrigação apresentam déficit hídrico anual entre 200 e 400 mm (42,9%), necessitando de irrigação complementar. Nessas regiões é frequente a ocorrência de período de déficit hídrico no período de floração, frutificação e parte do crescimento vegetativo. Em 17,8% da área do estado, situada mais próxima da região litorânea, ocorre a necessidade de irrigação ocasional, principalmente para pagamento de floradas. Em 1,3% da área do estado, região oeste no Vale do Rio Doce, o uso de irrigação é obrigatória, sem a qual não ocorre a viabilidade da cultura (Pezzopane et al., 2009b).

Sob o aspecto térmico, o estado apresenta cerca de 77% da área apta para o cultivo do café Conilon. Sob o aspecto hídrico, a maior parte (38%) apresenta elevado risco climático nas fases do florescimento, granação e crescimento vegetativo, seguido de 20% com risco nas fases de florescimento e granação e 17% com risco no florescimento. Se considerarmos que as áreas onde ocorre risco somente no período do florescimento estão mais concentradas no sul do estado, onde as floradas ocorrem no mês de setembro, esse risco é

minimizado. Quando consideradas as épocas de ocorrência do risco na florada-granação e florada-granação-crescimento vegetativo encontra-se uma área total de 58% do estado, concentrada principalmente na região Norte onde estão os maiores municípios produtores (Pezzopane et al., 2009b).

Diante desses resultados, pode-se afirmar que em praticamente quase toda região produtora de café conilon do estado tem alguma limitação de produtividade devido ao déficit hídrico, podendo, nesses casos, ser necessário o emprego da técnica da irrigação (Silva e Reis, 2007).

2.7 PRODUÇÃO, RENDIMENTO E QUALIDADE DO CAFÉ CONILON

É de conhecimento geral que a produção do cafeeiro conilon ocorre nos ramos desenvolvidos no corrente ano, e, neste caso, existe relação direta entre desenvolvimento, produtividade e crescimento vegetativo. Com isso, o conhecimento do sistema radicular do cafeeiro é de extrema importância para o manejo da lavoura e, quando associado aos fatores edafoclimáticos, é fundamental para otimização de várias práticas, como adubação, aplicação de agroquímicos, tratos culturais, densidade de plantio, irrigação e cultivos intercalares (Rena e DaMatta, 2002).

Rena e Maestri (2000) afirmaram que a deficiência hídrica é uma das condições que mais limitam a produção e o rendimento das culturas, em que vários fatores interagem no agrossistema da lavoura de café, como local, tipo de solo, clima, sombreamento, uso de insumos e disponibilidade de água. Para o êxito de produtividade, é necessário propiciar, de forma adequada, a interação desses fatores. Contudo, para crescer e se desenvolver, as plantas precisam dos elementos químicos. Quando o suprimento dos nutrientes é deficiente, a taxa de crescimento pode ser limitada, diminuindo a produtividade (Bragança et al., 2007).

Outro fator que pode contribuir para o maior aproveitamento de recursos do conilon está ligado à sua fotossíntese. A menor sensibilidade estomática do café conilon à demanda evaporativa do ar, em relação ao café arábica, faz com que mantenha, ao longo do dia, maior absorção cumulativa de gás carbônico e, conseqüentemente, maiores taxas globais de fotossíntese, o que pode refletir em maior produção (Garçoni e Prezotti, 2009).

Embora não se tenham muitas dúvidas sobre os acréscimos de crescimento e produtividade em virtude da irrigação no cafeeiro, o mesmo não se pode dizer dos efeitos da irrigação sobre a sua qualidade final. A produtividade de café conilon tem aumentado gradativamente, devido aos bons tratos culturais, à renovação de lavouras com variedades de maior potencial produtivo e uso mais acentuado de tecnologias associadas à irrigação (Mantovani et al., 2009b).

Encontram-se na literatura informações muito escassas e conflitantes sobre esse tema, não existindo volume satisfatório de pesquisas que associem irrigação com a qualidade da bebida e qualidade física do café. No entanto, é notório que a irrigação está associada a vários aspectos que, direta ou indiretamente, contribuem para a determinação da qualidade final do produto (bebida), uma vez que a água possui importância vital em todos os estádios de desenvolvimento da cultura (Mantovani et al., 2002; Mantovani et al., 2007).

Uma vez detectada a viabilidade da irrigação em termos de produção, outros fatores como uniformidade de maturação, tamanho de frutos e tipo de café em função de defeitos, devem ser avaliados, pois a lavoura irrigada possui características distintas da não irrigada. A presença da água fornecida pela irrigação não só garante a formação, granação e enchimento dos grãos, evitando assim o aparecimento de grãos chochos e mal granados como também modifica o microclima, alterando as condições do ambiente como: temperatura foliar, umidade relativa, umidade do solo, molhamento foliar, entre outros. A modificação desses fatores, por sua vez, favorece o surgimento de doenças como ferrugem e pragas como a broca do café, que também influenciam na qualidade final para a classificação do café beneficiado grão cru (Rezende et al., 2010).

A qualidade do café também é afetada pela uniformidade da floração, que tem implicações diretas com a uniformidade de maturação dos frutos, a qual terá grande influência na qualidade do café produzido (Soares, 2001). Essa uniformidade está diretamente relacionada à quebra da dormência dos botões florais e à subsequente antese (florada). Assim, em lavouras irrigadas continuamente, a suspensão de irrigações para quebra da dormência dos botões florais ou sincronização da florada é assunto bastante discutido na atualidade, gerando muita polêmica, sem chegar a um denominador comum, em face de resultados contraditórios, relacionados às diferenças climáticas (temperatura e umidade do ar) de cada região cafeeira e de cada ano em cada região, bem como

das condições da lavoura, quanto a sua idade, espaçamento, espécie e variedade (Santinato et.al., 2008).

De acordo com Fernandes (2011), a adoção ou não de um período de déficit hídrico no estágio de desenvolvimento do botão floral denominado “E4”, para uniformizar a florada do cafeeiro, talvez seja um dos maiores gargalos da cafeicultura irrigada do Brasil. Além da sincronização da florada, a irrigação afeta a maturação dos frutos do cafeeiro de forma a torná-la mais lenta, quando comparada com a maturação dos frutos sem irrigação, que é mais precoce (Clemente et al., 2002; Oliveira et al., 2003). O tamanho do fruto também é fortemente influenciado pelas condições hídricas da planta, visto que em condições adequadas de umidade ocorre a maior expansão dos frutos, que traduz em seu maior tamanho e melhor tipo (Rezende et al., 2006).

O café é um produto agrícola que tem seus preços baseados em parâmetros qualitativos, cujo valor cresce-se significativamente com a melhoria da qualidade, constituindo-se num fator limitante para exportação (Carvalho et al., 1997). A qualidade do café depende principalmente da forma como ele é cultivado, colhido e processado. Depende de fatores inerentes à planta (genética das variedades), de fatores referentes ao ambiente externo da planta (fertilidade do solo, condições climáticas, pragas e doenças) e o processamento ao qual é submetido (colheita, preparo, secagem e armazenamento) (Silva, 1999).

Desse modo, a qualidade final do café beneficiado grão cru depende de fatores que antecedem em muito a fase de beneficiamento, tais como, condições climáticas antes, durante e após a colheita, adubação, tratamentos culturais e fitossanitários, maturação, secagem e beneficiamento. Até mesmo após o beneficiamento, o grão pode ter perda da qualidade em função das condições de armazenamento.

Após o beneficiamento, o café é caracterizado em função de sua qualidade. Para isso, existem normas e padrões que classificam os grãos crus de café quanto ao tipo, peneira, formato e bebida. Na Instrução Normativa Nº 8 (BRASIL, 2003), o café é classificado quanto à equivalência de defeitos intrínsecos (relacionados aos tratamentos culturais, processos de colheitas e pós-colheita) e extrínsecos (relacionados à regulação de máquinas utilizadas no beneficiamento do grão e presença de impurezas). Os defeitos intrínsecos são: grãos pretos, grãos ardidos, conchas, grãos verdes, grãos brocados e grãos mal

granados ou chochos. O grão preto é considerado o principal defeito ou defeito capital. Já os grãos ardidos e brocados são considerados defeitos secundários. Os defeitos extrínsecos são: coco; marinheiros; pau, pedra, torrão grande; pau, pedra, torrão médio; pau, pedra, torrão pequeno; casca grande e cascas pequenas.

O café também é classificado com base no tamanho e forma do grão (chato e moca) pela Instrução Normativa Nº 8 (BRASIL, 2003). Segundo Rena e Maestri (2000), o tamanho do grão de café é determinado no período compreendido entre a 10ª e a 17ª semana após a florada, quando o fruto se expande rapidamente, sendo fortemente influenciado pelas condições hídricas da planta.

A classificação quanto a peneiras refere-se ao formato dos grãos e a sua granulometria, podendo ser classificados como grãos chatos ou moca. Os grãos chatos apresentam superfície dorsal convexa e a ventral plana ou ligeiramente côncava, com a ranhura central no sentido longitudinal resultante da fertilização do óvulo em cada loja do fruto (Brasil, 2003). Os grãos tipo moca são constituídos de grãos com formato arredondado, também com ranhura central no sentido longitudinal, com origem no desenvolvimento de uma só semente, decorrente de anormalidade genética (endosperma discóide) ou devido a fatores ambientais ou fisiológicos, como seca prolongada e falta de nutrientes (Vacarelli et al., 2003).

Têm-se constatado que a espécie *Coffea arabica* possui uniformidade do tamanho das sementes e reduzida quantidade de grãos tipo moca, enquanto que em *Coffea canephora*, ocorre maior variabilidade no tamanho das sementes e quantidade elevada de grãos tipo moca (Boaventura e Cruz, 1987). De acordo com Rena e Maestri (1985), os grãos do tipo moca, quando comparados àqueles do tipo chato promovem menor rendimento.

Além da produção e qualidade, é necessário avaliar o rendimento da lavoura, ou seja, quantidade de café da roça necessária para fazer uma saca de 60 kg de café beneficiado (Lima et al., 2008), que associado à qualidade física e qualidade da bebida irão determinar o valor comercial final do produto.

Para alcançar a boa qualidade, a colheita deve ser iniciada quando mais de 80% do café já estiver maduro, com frutos de coloração vermelho escuro (cereja), devendo ser derriçado em pano ou peneira e ainda no campo, providenciar a remoção das impurezas grosseiras, como paus e folhas. Fazer o transporte do café colhido para os locais de secagem todos os dias para evitar

fermentações e não deixar o café recém-colhido amontoado no terreiro. Espalhar, enleirar e amontar o café de acordo com a umidade dos frutos, nas distintas etapas de secagem e tipo de processamento pós-colheita (Ferrão et al., 2012).

Em pesquisa realizada com café conilon (Emcapa 8131) na Bacia do Rio Itapemirim a 70 m de altitude, cultivado no espaçamento de 3,0 x 1,5 m, a pleno sol, Brum (2007) obteve os seguintes resultados: produção de 6,0 L planta⁻¹, 30,8 sc ha⁻¹, 65 % de peneira maior que 13, sendo classificado como tipo 7 quanto ao número de defeitos. Enquanto que para o Conilon Vitória (Incaper 8142), variedade constituída por 13 clones superiores compatíveis entre si, a média obtida em 8 colheitas foi de 70,4 sc ha⁻¹ sem irrigação; relação cereja/beneficiado foi igual a 3,92 kg/ kg; relação coco/beneficiado foi de 1,8 kg/ kg; com 90,6% dos grãos retidos em peneira 13 e superiores e 21,4% de grãos moca (Ferrão et al., 2007).

Na avaliação da qualidade do café conilon irrigado em duas épocas de colheita no Norte Fluminense, Andrade et al. (2007), observaram que o café colhido no estágio cereja apresentou 48 defeitos, sendo classificado como tipo 5, com 73% de retenção de peneira 15 AC (acima) e 6,5% de catação, apresentando 12,1% de umidade e produtividade de 52 sacas de café beneficiado por hectare, superando o café colhido verde em todos os parâmetros avaliados.

Garçoni et al. (2007) consideram que a melhoria da qualidade do café conilon no Estado do Espírito Santo é de vital importância para os cafeicultores, pois há uma tendência à diferenciação progressiva do mercado quanto à qualidade e práticas que minimizem as perdas de rendimento devem ser utilizadas visando aumentar a rentabilidade do cultivo, como também, assegurar a sua permanência na atividade, tendo em vista a competitividade atual existente na cafeicultura mundial.

2.8 PRODUÇÃO E QUALIDADE DA MUDA

Em virtude de o cafeeiro ser uma cultura perene, a utilização de mudas de alta qualidade se torna uma etapa decisiva no processo de implantação de uma lavoura cafeeira, consideradas como aquelas produzidas a baixo custo e que possam se adequar aos atuais sistemas de plantio, além de sobreviverem bem

após o transplante. A produção de mudas saudáveis e vigorosas é o primeiro passo para a formação de uma lavoura cafeeira produtiva (Matiello et al., 2008; Mendes et al., 1998).

As mudas de café conilon podem ser formadas via sementes (sexuadamente) ou por meio de partes vegetativas, como estacas (assexuadamente). Em quaisquer casos, o material para propagação deverá ser proveniente de plantas matrizes selecionadas, produtivas, saudáveis, com características agrônomicas superiores e, sobretudo, de material genético recomendado e devidamente registrado para as regiões nas quais as mudas serão utilizadas (Fonseca et al., 2007). Em se tratando da utilização de sementes na formação de mudas de café podem ser enumeradas as vantagens da facilidade de plantio, a redução do custo de formação do cafezal e o desenvolvimento radicular em profundidade (Ascanio, 1994).

Vários fatores exercem influências no desenvolvimento de mudas durante a fase de viveiro, como o tamanho do recipiente e a composição do substrato (Vallone et al., 2010). Para sacolas, convencionou-se como substrato padrão a mistura constituída por 70% de terra de subsolo e 30% de esterco de curral, enriquecida com fertilizantes químicos (Vallone et al., 2010). Para tubetes, dentre os diferentes substratos a ser utilizado destaca-se o comercial, denominado Plantmax, constituído por vermiculita e casca de pinus moída compostado e enriquecido com nutrientes (Oliveira et al., 1993; Melo, 1999). A vermiculita pode ser misturada a areia, esterco, solo, xaxim e outros. A adição de fertilizantes químicos ao substrato tem a função de fornecimento de alguns minerais, principalmente fósforo e potássio a fim de promover melhor enraizamento e crescimento das plântulas de café.

As sacolas de polietileno ainda são as mais utilizadas para a produção de mudas de cafeeiro, contendo perfurações em sua metade inferior para que o excesso de água possa ser drenado. As dimensões usuais são de 11 cm de largura, 22 cm de comprimento e 0,006 cm de espessura e cerca de 9 cm de diâmetro após o seu enchimento com substrato. Esses recipientes, porém, trazem o inconveniente como espiralamento do sistema radicular no fundo da sacola, necessidade de maior volume de substrato, caracterizando-se pela maior área requerida pelo viveiro e elevação do custo de produção no transporte e plantio das mudas. Aliado a estes aspectos, há também a possibilidade de contaminação

das mudas por nematóides em decorrência do substrato que é normalmente utilizado para o seu enchimento (Melo, 1999).

Em menor escala, têm sido utilizados os tubetes, de diferentes tamanhos, preenchidos por substratos comerciais e/ou alternativos, cuja tecnologia se encontra em uso extensivo em diversas regiões cafeeiras, pois acompanha diversas vantagens como o impedimento a presença de nematóides na fase inicial. A utilização de mecanização é outra grande vantagem, principalmente no enchimento dos tubetes, que por sua vez podem ser reutilizados na próxima produção de mudas (Vliet et al., 2008). Embora haja carências de informações sobre resultados do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de lavouras cafeeiras formadas com mudas produzidas em tubetes, este pode apresentar como alternativa necessitando, entretanto, de maiores estudos sobre a viabilidade técnica de sua utilização (Santinato et al., 2010).

Algumas vantagens do sistema de tubetes quando comparados ao tradicional podem ser citadas, tais como a formação de sistema radicular sem enovelamento, sobretudo quando existem estrias longitudinais em seu interior, como também pela existência de um furo em sua extremidade inferior; o crescimento inicial das mudas após o plantio é mais rápido e apresenta facilidades operacionais – a quantidade de mudas transportadas por caminhão é cinco a seis vezes maior, o peso é duas a duas vezes e meia menor e o rendimento de plantio até três vezes maior, quando comparado com o sistema tradicional (Guimarães et al., 1998; Simões, 1987). De acordo com Amaral et al. (2007), a produção de mudas em tubete consiste numa inovação tecnológica que permite a produção de mudas livres de fitopatógenos, a custos mais baixos pelas facilidades operacionais, como economia de espaço e mão de obra, além do menor volume de substrato exigido em seu preenchimento.

O confinamento do sistema radicular de plantas formadas em tubetes pode causar significativas reduções em seu crescimento, além de modificar a estrutura e arquitetura do sistema radicular (Schiavo e Martins, 2003). De acordo com Reis et al. (1989), caso haja restrições ao desenvolvimento radicular, a má formação inicial das raízes pode persistir após o plantio, prejudicando o desenvolvimento das plantas no campo. Isso se deu no lançamento das primeiras variedades clonais de café conilon no Estado do Espírito Santo, em que as mudas propagadas por estaquia e formadas em tubetes de 50 mL, foram mantidas por

longo período nesses recipientes, e ao serem transplantadas no campo, apresentaram problemas no sistema radicular por volta do terceiro ou quarto ano após o plantio. Desse modo, a utilização de tubetes na produção de mudas de café no Estado do Espírito Santo foi estigmatizada como um provável insucesso, sendo pouco difundida e recomendada pelos técnicos extensionistas capixabas. Entretanto, Amaral et al. (2007) testaram cinco tempos de permanência de mudas do cafeeiro conilon propagados por estaca em tubetes (50 mL) e posterior transplântio em sacolas, e concluíram que o crescimento vegetativo e a produtividade do cafeeiro conilon não foram afetados pela formação de mudas em tubetes por um período inferior a sessenta dias.

A influência de diferentes tamanhos de tubetes (50, 120 e 275 mL) e substratos na produção de mudas de café foi estudada por Cunha et al. (2002). Esses autores concluíram que o tubete com 120 mL de volume e o substrato comercial (Plantmax) proporcionaram melhor desenvolvimento às mudas de cafeeiro. Da mesma forma, Vallone et al. (2009) testaram três recipientes e três substratos na produção de mudas de café. Os resultados obtidos permitiram concluir que as mudas formadas em sacolas e tubete de 120 mL preenchidos com substrato comercial e alternativo (65% de casca de arroz carbonizada + 35% de substrato comercial) apresentaram maior desenvolvimento. Já Silva et al. (2010), também avaliaram o efeito de diferentes substratos e recipientes (sacolas, blocos prensados, tubetes de 80 e 120 mL) sobre o desenvolvimento de mudas de café em viveiro, donde concluíram que o substrato comercial mostrou-se inadequado para produção de mudas de café independente do recipiente utilizado. Santinato et al. (2010) verificaram que o tipo de recipiente usado na formação das mudas influenciou a produção do cafeeiro arábica cultivar Catuaí Vermelho (IAC 144), sendo que em relação a sacola 11 x 22 (padrão), observou-se o acréscimo de 2% em plantas formadas no sacolão (14 x 24), decréscimo de 11% para as de tubete 280 mL e de 23% para as de tubete 120 mL.

Usualmente o material utilizado na cobertura de viveiros são vulgarmente denominados de sombrite (tela de polipropileno), para condicionar uma insolação uniforme 40% a 50% de sol. Em regiões quentes, esta proporção deve ser de 60 a 70% e em regiões frias de 20 a 30%. Já para regiões frias e nebulosas as mudas podem ser produzidas sem coberturas (Santinato e Silva, 2001).

Apesar da tradição de formação de mudas a 50% de sombreamento, a produção de mudas a pleno sol tem sido testada por alguns viveiristas, visando principalmente economizar em estrutura para o viveiro, diminuindo o custo da muda, além de propiciar melhores condições de adaptação das mudas no campo após o seu plantio (Braun et al., 2007). Há, porém, certa dificuldade na manutenção da umidade, sendo a irrigação, por sua vez, mais necessária e requerida nesse tipo de formação de mudas. Isso restringe seu uso em propriedades onde a água é mais difícil, mas, por outro lado, essa técnica torna sua construção mais fácil de implantar, viabilizando o processo àqueles produtores que não formam mudas todos os anos, como os viveiristas profissionais. Entretanto, seus resultados e aplicações são embasados, na maioria das vezes, por observações, havendo a necessidade de trabalhos científicos que possam mostrar a real possibilidade de utilização desse método, mesmo porque, as adaptações morfológicas e fisiológicas das mudas formadas a pleno sol ainda são pouco estudadas e não se tem uma ideia conclusiva sobre o processo e seus resultados (Paiva et al., 2003).

Como exemplo de trabalhos desenvolvidos para estudar o efeito do sombreamento sobre o crescimento de plantas de cafeeiros arábica e conilon, cita-se os realizados por Paiva et al. (2003), Braun et al. (2007), Tatagiba et al. (2010a; 2010b). Em seu estudo, Paiva et al. (2003) constataram que o melhor tipo de sombreamento para formação de mudas de café arábica em sacolas é o de 50% por proporcionar maior crescimento vegetativo, superando os obtidos nos níveis de 30% e 90%, como também, a pleno sol. Já Braun et al. (2007), avaliaram o crescimento de mudas de café conilon formadas em tubetes de 55 mL sob diferentes níveis de sombreamento (30%, 50% e 75%) e a pleno sol (0% de sombra artificial) e concluíram que a 75% de sombreamento as plantas de café conilon propagadas por estacas apresentaram crescimento vegetativo maior em relação aos demais níveis. Tatagiba et al. (2010a) observaram que as mudas de café conilon formadas em sacolas e mantidas sob 88% de sombreamento registraram os maiores valores para o acúmulo final de matéria seca total, seguidos pelo nível de 22 e 50%, enquanto as mudas mantidas a pleno sol (0% de sombra) registraram os menores valores. Esses mesmos autores verificaram que as mudas de café arábica também formadas em sacolas, cresceram melhor a 22% e 50% de sombreamento, em relação às mantidas a pleno sol e ao

sombreamento de 88%, propiciando a formação de mudas mais vigorosas, o que foi verificado principalmente pela matéria seca total das plantas.

Os parâmetros morfológicos são os mais utilizados na determinação do padrão de qualidade das mudas, proporcionando uma compreensão de forma mais intuitiva por parte do viveirista, uma vez que o princípio da avaliação é quantitativo, ou seja, quanto maior a muda melhor. Desse modo, pela facilidade de execução, na hora da compra das mudas a decisão é tomada baseando-se no aspecto geral da planta; considerando-se normalmente a altura, massa foliar, tonalidade de cor das folhas, ausência de pragas e doenças, entre outros. Entretanto a aparência da parte aérea não revela o equilíbrio de crescimento com o sistema radicular. Há necessidade, portanto, do desenvolvimento de parâmetros que permitam avaliar a real qualidade das mudas, cujas informações venham a ser utilizadas inclusive para o manejo adequado de plantas (Binotto, 2007; Kainuma et al., 2001).

Assim, tais parâmetros não devem ser usados isoladamente, para que sejam evitadas distorções provenientes do excesso de nitrogênio, por exemplo, ou do crescimento foliar em detrimento ao sistema radicular, utilizam-se então índices de qualidade, que são relações entre as medidas de crescimento (MARANA et al., 2008). Dentre estas estão a relação da altura com o diâmetro (RAD), relação entre o peso seco da parte aérea com peso seco de raízes (RPAR) e o índice de qualidade de Dickson (Dickson et al., 1960) (Chaves e Paiva, 2004).

O índice de qualidade de Dickson (IQD) é mencionado como uma promissora medida morfológica integrada (Johnson e Cline, 1991) e apontado como bom indicador da qualidade das mudas, por considerar para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da fitomassa, sendo ponderados vários parâmetros importantes (Fonseca, 2000). Entretanto, existem poucos trabalhos publicados sobre a utilização do índice de qualidade de Dickson na avaliação da qualidade de mudas de cafeeiros, já que é amplamente usado em mudas de essências florestais.

Segundo Marana et al. (2008), os melhores valores de RPAR situam-se entre 4 e 7. Índices superiores a 7 parecem revelar que a muda desenvolveu muita folha em detrimento de raiz, enquanto índices inferiores a 4 parecem revelar que a muda não apresenta bom desenvolvimento da parte aérea. Os valores de

RAD (relação entre altura/diâmetro) devem situar-se entre 3,5 a 4. Valores maiores indicam crescimento excessivo da muda em altura, e menores valores traduzem menor crescimento. Contudo, o crescimento excessivo pode ser controlado com redução nas adubações e irrigações, como também, aumentar a exposição ao sol. Para MST (matéria seca total), os valores entre 1,0 e 1,8 g parecem razoáveis. Já para o IQD, Hunt (1990) recomenda que o valor mínimo seja de 0,20.

De acordo com Kainuma et al. (2001), somente as mudas de café arábica formadas em tubetes de 120 mL preenchidos com substrato Plantmax, acrescidos de 10 kg de adubo de liberação lenta por m³ de substrato, atingiram o valor mínimo do índice de qualidade de Dickson de 0,20, estabelecido por Hunt (1990). Os demais índices foram de 4,7 para relação entre a massa seca da parte aérea e de raízes; de 4,0 para relação entre altura e diâmetro e de 1,78 g para a massa seca total.

3. TRABALHOS

3.1 ÍNDICES DE QUALIDADE DE MUDAS DE CAFÉ CONILON EM DIFERENTES RECIPIENTES E NÍVEIS DE SOMBREAMENTO

(Preparo de acordo com as normas da Revista Coffee Science)

RESUMO: Objetivou-se neste trabalho avaliar a influência de dois recipientes e diferentes níveis de sombreamento no crescimento e qualidade de mudas de café conilon, além de realizar análise de trilha para caracterizar as inter-relações entre as variáveis de crescimento e quantificar seus efeitos diretos e indiretos sobre a qualidade das mudas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, distribuído em esquema de parcelas subdivididas 2 x 4, com dez repetições. Como recipientes foram utilizados tubetes de polietileno de 120 mL e sacolas plásticas com capacidade de 770 mL, preenchidos com substrato padrão. Os níveis de sombreamento testados foram 0% (pleno sol), 30%, 50% e 75% de sombreamento. Os resultados obtidos permitem concluir que mudas de café conilon produzidas em tubetes a 30% e 50% de sombreamento e em sacolas a 50% e 75% apresentaram maior crescimento e melhor qualidade. O crescimento de

mudas a pleno sol foi inferior ao obtido nos níveis de sombreamento. Os valores médios dos índices de qualidade de mudas formadas em tubetes e sacolas foram: 3,95 para a relação entre a altura da planta e diâmetro do coleto; de 1,2 para a relação de matéria seca entre a parte aérea e raiz e de 0,57 para o índice de qualidade de Dickson. A matéria seca total e o diâmetro do coleto são as variáveis de crescimento com efeito direto em sentido favorável, indicando presença de causa e efeito com o índice de qualidade de Dickson, constituindo-se em principais determinantes da qualidade da muda de café conilon, em ambos recipientes.

Palavras-chave: *Coffea canephora*, crescimento, sombra, tubete, sacola.

QUALITY INDEX FOR SHADED AND UNSHADED CONILON COFFEE IN DIFFERENT CONTAINERS AND SHADING LEVELS

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the influence of two containers and different levels of shading in the growth and quality of conilon coffee seedlings, as well as to perform a path analysis to characterize the interrelationships between growth variables and quantify their direct and indirect effects on the quality of seedlings. The experimental design used was completely randomized, distributed in split-plot 2 x 4 schema, with ten repetitions. The type of containers tested were 120 cc polyethylene tubes and plastic bags with 770 cc, filled with standard substrate. The levels of shadow tested were 0% (full sun), 30%, 50% and 75%. The results indicate that seedlings of conilon coffee produced in polyethylene tubes with 30% and 50% of shade, and in plastic bags with 50% and 75% of shade showed more growth and better quality. The growth of seedlings in full sun was lower than that obtained in the other levels of shading. The mean

values of the seedling quality index produced in tubes and bags were: 3.95 for the ratio between plant height and stem base diameter; 1.2 for the ratio between dry matter of shoot and dry matter of root; and 0.57 for the Dickson quality index. The total dry matter and stem diameter are the variables of growth with favorable direct effect, indicating the presence of cause and effect with Dickson quality index, constituting a major determinant of the quality of conilon coffee seedling in both containers.

Key words: *Coffea canephora*, growth, shade, polyethylene tube, plastic bag.

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura nacional tem requerido grandes quantidades de mudas devido ao aumento da área plantada, renovação do parque cafeeiro e adequação aos sistemas de plantio atuais. Assim, o plantio de mudas de café vigorosas garante um bom "pegamento", diminui os gastos com a operação de replantio e promove um rápido crescimento inicial das plantas no campo, constituindo-se numa etapa fundamental para um cultivo bem sucedido (ALVES & GUIMARÃES, 2010; CARVALHO et al., 2008). Segundo Henrique et al. (2011), mudas vigorosas são caracterizadas por apresentar folhas verdes e brilhantes, caule espesso e sistema radicular abundante de raízes absorventes.

Vários fatores exercem influências sobre o desenvolvimento, a qualidade e os custos da produção de mudas durante a fase de viveiro, como por exemplo, o tamanho do recipiente e a composição do substrato (APHALO & RIKALA, 2003; MORGADO et al., 2000). Os tipos de mudas de café mais utilizadas são as produzidas em sacolas plásticas, preenchidas com substrato constituído por terra e esterco bovino e as produzidas em tubetes de polietileno, de diferentes tamanhos, utilizando substrato comercial; adotando-se como

padrão o sombreamento das mudas, para uma interceptação da radiação solar em torno de 50% (VALLONE et al., 2010).

Alguns cafeicultores, para melhorar a adaptação das mudas às condições de campo e economizar no custo da estrutura para o viveiro, optam pela formação a pleno sol (ALVES & GUIMARÃES, 2010). Contudo, a adoção da formação de mudas nessas condições pode acarretar, na maioria das vezes, danos irreparáveis e comprometer a qualidade fisiológica dessas mudas, havendo a necessidade de trabalhos científicos que possam mostrar a real possibilidade de utilização desse método (HENRIQUE et al., 2011; PAIVA et al., 2003).

Como exemplo de trabalhos desenvolvidos para estudar o efeito do sombreamento sobre o crescimento de plantas de cafeeiros formadas em diferentes recipientes e substratos, relaciona-se os realizados por Braun et al. (2007); Paiva et al. (2003) e Tatagiba et al. (2010). Mudas clonais de café conilon formadas em tubetes a 75% de sombreamento apresentaram crescimento vegetativo superior aos níveis de 30%, 50% e pleno sol. O melhor tipo de sombreamento para formação de mudas de café arábica em sacolas é o de 50% por apresentarem maior crescimento vegetativo, superando os obtidos nos níveis de 30% e 90%, como também, a pleno sol. Plantas jovens de café conilon formadas em sacolas e mantidas sob 88% de sombreamento registraram os maiores valores para o acúmulo de matéria seca total, seguidos pelo nível de 22 e 50%, enquanto as mudas mantidas a pleno sol registraram os menores valores.

Com relação aos tamanhos de recipientes, destacam-se as pesquisas realizadas por Cunha et al. (2002), Silva et al. (2010) e Vallone et al. (2009). O tubete com capacidade de 120 mL preenchido com substrato comercial (Plantmax) proporcionou melhor desenvolvimento às mudas de cafeeiro com relação ao de 50 e 275 mL. O bloco prensado, a sacola e tubete (120 mL) são os recipientes mais indicados para a produção das mudas de café conilon. A sacola e o tubete de 120 mL proporcionaram maior desenvolvimento de mudas de café arábica em relação a aquelas produzidas em tubete de 50 mL.

Pela facilidade de execução, a classificação das mudas para determinação do padrão de qualidade, baseia-se em parâmetros morfológicos, tais como: altura da parte aérea, o diâmetro do coleto, a área foliar, fitomassa seca do sistema radicular e da parte aérea (ALEXANDRE, 2007), como também, a tonalidade de cor das folhas, ausência de pragas e de doenças. Contudo, para representar todas essas características utilizam-se índices de qualidade, que são associações entre os parâmetros de crescimento. Dentre estas, destaca-se a relação entre a altura da planta e diâmetro do coleto (RAD), a relação da matéria seca da parte aérea e de raízes (RPAR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) (CHAVES & PAIVA, 2004).

Existem poucos trabalhos sobre a utilização de índices na padronização e classificação da qualidade de mudas de café. Cita-se o trabalho pioneiro de Marana et al. (2008), que estabeleceram para mudas de café arábica, os valores médios de 4,0 para RAD; 0,21 IQD e de 4,7 para RPAR.

Ante o exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência de dois recipientes e diferentes níveis de sombreamento no crescimento e qualidade de mudas de café conilon, além de realizar análise de trilha para identificar as variáveis de crescimento que caracterizam a qualidade dessa muda.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local, material experimental e condução do experimento

O experimento foi realizado em área anexa ao viveiro de produção de mudas do IFES (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo), Campus de Alegre-ES, Fazenda Caixa D'Água, distrito de Rive, localizado na latitude de 20^o 25' 51,61" S e longitude de 41^o 27' 24,51" W, altitude de 136,82 m com precipitação média

anual de 1.250 mm. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Awa, com temperatura média anual de 26°C. A espécie vegetal utilizada foi a *Coffea canephora* Pierre, variedade Robusta Tropical (Emcaper 8151).

As mudas de café foram produzidas em tubetes de polietileno rígido de formato cônico com capacidade de 120 mL e sacolas plásticas nas dimensões de 11 cm de largura, 20 cm de comprimento e 0,006 cm de espessura com capacidade de cerca de 770 mL. Os recipientes foram preenchidos com substrato padrão, cuja composição foi de 70% de terra peneirada + 30% de esterco de curral + adubos químicos (2 kg de calcário dolomítico, 4 kg de superfosfato simples, 0,3 kg de cloreto de potássio e 50 g de FTE BR 12) para cada metro cúbico de mistura, conforme o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Espírito Santo: 5ª aproximação (PREZOTTI et al., 2007). Em seguida, os recipientes foram acondicionados em bancadas de 1,40 m de comprimento, 0,50 m de largura e 1,0 m de altura do nível do solo, sendo os tubetes distribuídos em bandejas.

Após o enchimento dos recipientes, foi efetuada a semeadura em 20 de abril de 2007, adotando-se uma semente para tubete e duas sementes para sacola, sendo realizado desbaste após a germinação deixando-se uma planta por sacola. Logo após a semeadura, cada bancada recebeu o nível de sombreamento determinado por sorteio, obtidos a partir da utilização de telas de polipropileno, assim caracterizados: 0% de sombra artificial (pleno sol), 30%, 50% e 75%.

Um sistema de irrigação foi instalado sobre as bancadas, com a finalidade de manter o teor de umidade na capacidade de retenção de água do substrato (CRA), determinada na tensão de 100 hPa (35,5%), utilizando-se dois microaspersores do tipo Tietze nebulizador por bancada, com bocal violeta, vazão de 35 L h⁻¹ na pressão de 2,0 kgf cm⁻² e diâmetro molhado de 1,7 m. Foram realizadas três irrigações diárias nos horários de 10h, 13h e 16h para os tratamentos sombreados e quatro irrigações para as mudas mantidas a pleno sol, nos horários de 9h 30min, 12h 30min, 14h 30min e 16h 30min. O tempo médio de

irrigação foi de 1,5 minutos para tubetes (0,35 mm/rega) e 3 minutos para sacolas (0,70 mm/rega). Após surgir o segundo par de folhas definitivas, procedeu-se as adubações complementares conforme recomendações técnicas (FERRÃO et al., 2007).

2.2 Características de crescimento e qualidade

Avaliaram-se as características de crescimento aos 160 dias após a semeadura (30/09/2007), determinando-se: a) altura da planta (AP), expressa em cm, medida com régua milimetrada, considerando-se a região compreendida entre o coleto e a gema apical; b) diâmetro do coleto (DC), expresso em mm, medido a 2 cm acima do substrato, utilizando-se um paquímetro digital da marca Starrett, modelo 727; c) área foliar (AF), expressa em cm², estimada com medidor de área foliar LI-COR, modelo LI-3100; d) matéria seca da parte aérea (MSA), matéria seca de raízes (MSR) e matéria seca total (MST), obtida pela soma de MSA e MSR, expressas em gramas, determinadas em estufa de circulação forçada a 75°C até peso constante. A qualidade das mudas foi determinada observando-se: a) relação entre altura da planta e diâmetro do coleto (RAD); b) relação da parte aérea/raízes (RPAR), obtida da relação entre MSA e MSR; c) IQD: índice de qualidade de Dickson obtido pela fórmula: $IQD = [\text{matéria seca total}/(\text{RAD} + \text{RPAR})]$ (DICKSON et al., 1960).

2.3 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, distribuído em esquema de parcelas subdivididas 2 x 4, sendo nas parcelas o recipiente em dois níveis (tubete e sacola) e nas subparcelas o sombreamento em quatro níveis (0%, 30%, 50% e 75%), com dez repetições.

Os dados experimentais foram submetidos ao teste de verificação da Pressuposição de Normalidade (Teste de Lilliefors) e Homogeneidade de Variâncias (Teste de Cochran e de Bartlett). Não foram atendidas tais pressuposições para área foliar e relação entre parte aérea e raízes, cujos dados foram transformados com o uso da função $Y = \log(x + 1)$ antes da análise de variância. Após a análise dos dados transformados verificou-se o atendimento das pressuposições, entretanto, os dados foram apresentados na forma original. Os níveis de sombreamento foram analisados por meio de regressão e os níveis de recipiente foram comparados pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, por meio do uso do programa computacional SAEG, versão 9.1 (2007).

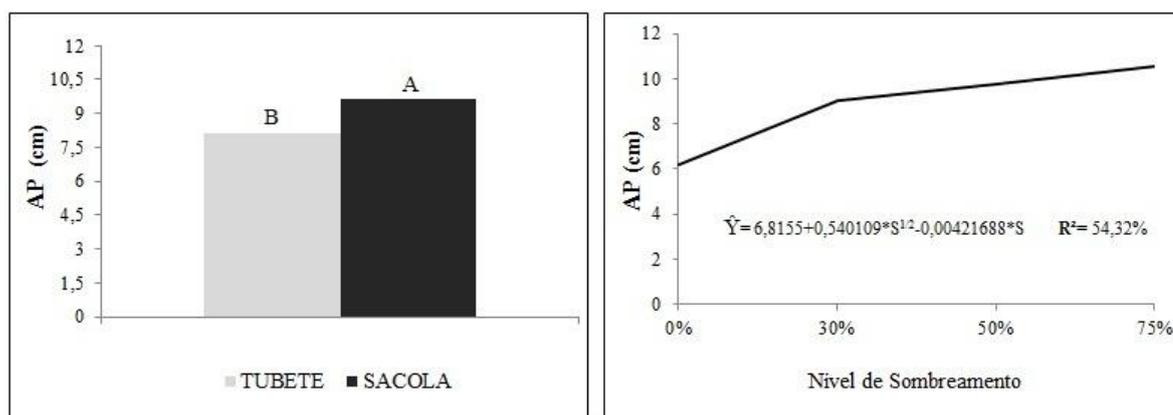
Para mensurar os efeitos diretos e indiretos das características de crescimento sobre a qualidade da muda (IQD), foi realizada a análise de trilha, conforme metodologia desenvolvida por Wright (1921). Para tanto, inicialmente, procedeu-se a análise de correlação de Pearson, para se obter as matrizes de correlação e suas significâncias pelo teste “t”, no nível de probabilidade de 5%. Os coeficientes de correlação de Pearson foram desdobrados, sendo obtidos os coeficientes em análise de trilha.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância das características de crescimento de mudas de café conilon, mostrou que houve interação significativa entre os fatores recipientes e níveis de sombreamento para área foliar, matéria seca da parte aérea, de raízes e total, devendo-se proceder à análise de forma desdobrada. Contudo, nenhuma interação significativa foi detectada para altura da planta e diâmetro do coleto, indicando que, para estas, os fatores atuaram de forma independente.

A altura das plantas foi influenciada pelo recipiente, sendo que, ao se aumentar a capacidade do recipiente usado na produção das mudas, aumenta-se também a sua altura.

O valor médio de altura da planta em tubetes foi de 8,15 cm e de 9,61 cm em sacolas. Silva et al. (2010) também observaram que a altura de mudas de café conilon formadas em sacolas plásticas (19,13 cm) superaram aquelas formadas em tubetes de 120 mL (7,34 cm). Contudo, a estimativa de crescimento expresso em altura da planta apresentou tendência crescente com os níveis de sombreamento, sendo de efeito raiz quadrada (Figura 1). Observou-se que o sombreamento induziu as plantas a alocarem uma maior parte de seus recursos metabólicos para crescer em altura, em busca de luz. Assim, os níveis mais intensos de sombra contribuíram para altos valores de altura, sendo obtidos baixos valores a pleno sol.

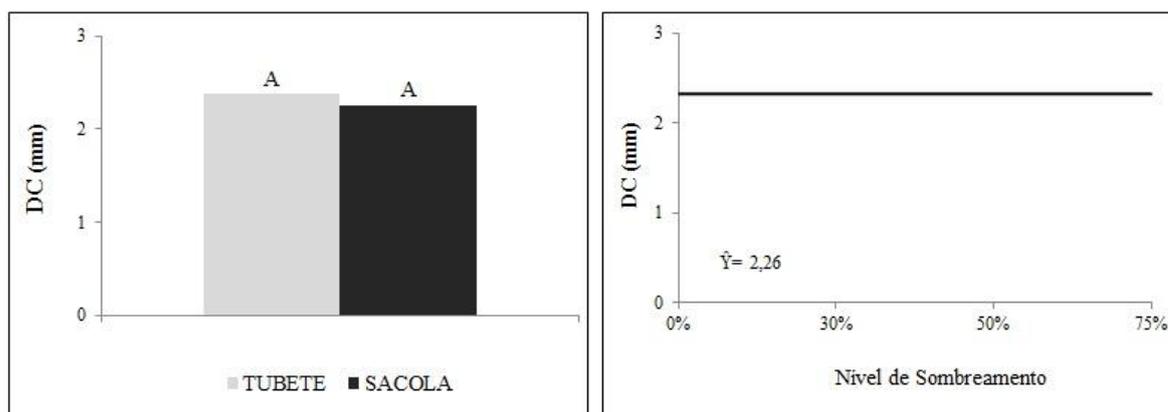


Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% probabilidade. CV (%): AP= 13,88

Figura 1 - Altura da planta de café conilon (AP), em função dos tipos de recipientes e níveis de sombreamento.

O diâmetro do coleto não foi influenciado pelos tipos de recipientes e níveis de sombreamento, conforme pode ser observado na Figura 2. Tal resultado discorda do obtido por Silva et al. (2010), em que mudas de café conilon formadas em sacolas apresentaram diâmetro superior ao obtido em tubetes de 120 mL. Com relação aos níveis de sombreamento, a análise de variância foi não significativa, e com isso, nenhum modelo foi ajustado na estimativa da curva de crescimento em diâmetro, sendo representado pela

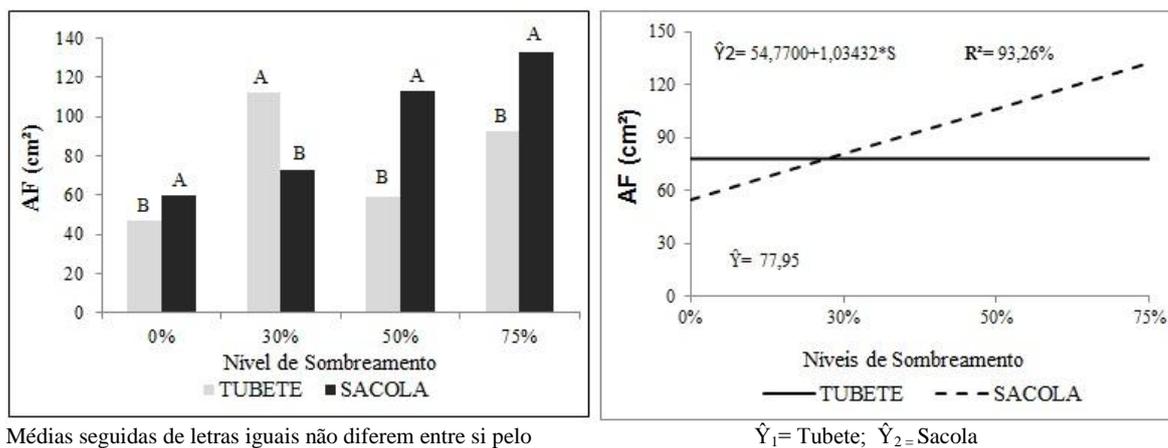
média. Braun et al. (2007) também observaram que não houve diferença no diâmetro de plantas de café conilon propagadas vegetativamente, nos diferentes níveis de sombreamento e a pleno sol. Contudo, Paiva et al. (2003), observaram que o diâmetro das plantas de café arábica apresentou valor máximo no sombreamento de 90%.



Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% probabilidade. CV (%): DC= 12,05

Figura 2 – Diâmetro do coleto de plantas de café conilon (DC), em função dos tipos de recipientes e níveis de sombreamento.

Analisando os resultados de área foliar (AF), os valores obtidos em sacolas superaram os de tubetes, com exceção para o nível de 30%. Em tubetes, os coeficientes de determinação dos modelos usados na estimativa da curva de crescimento foram muito baixos, sendo representados pela média. Contudo, em sacolas, a curva de crescimento foi de efeito linear, sendo os maiores valores obtidos no nível de 75%. Tais resultados estão em conformidade com Fahl et al. (1994) e Ricci et al. (2006), que consideram ser este um mecanismo usado pelo cafeeiro, que para compensar a menor luminosidade recebida, desenvolve folhas mais finas e maior área foliar. Por sua vez, maior área foliar implica em maior superfície de interceptação de luz, o que poderá resultar em taxas fotossintéticas mais elevadas, traduzindo-se num maior crescimento do vegetal (PARTELLI et al., 2006) (Figura 3).



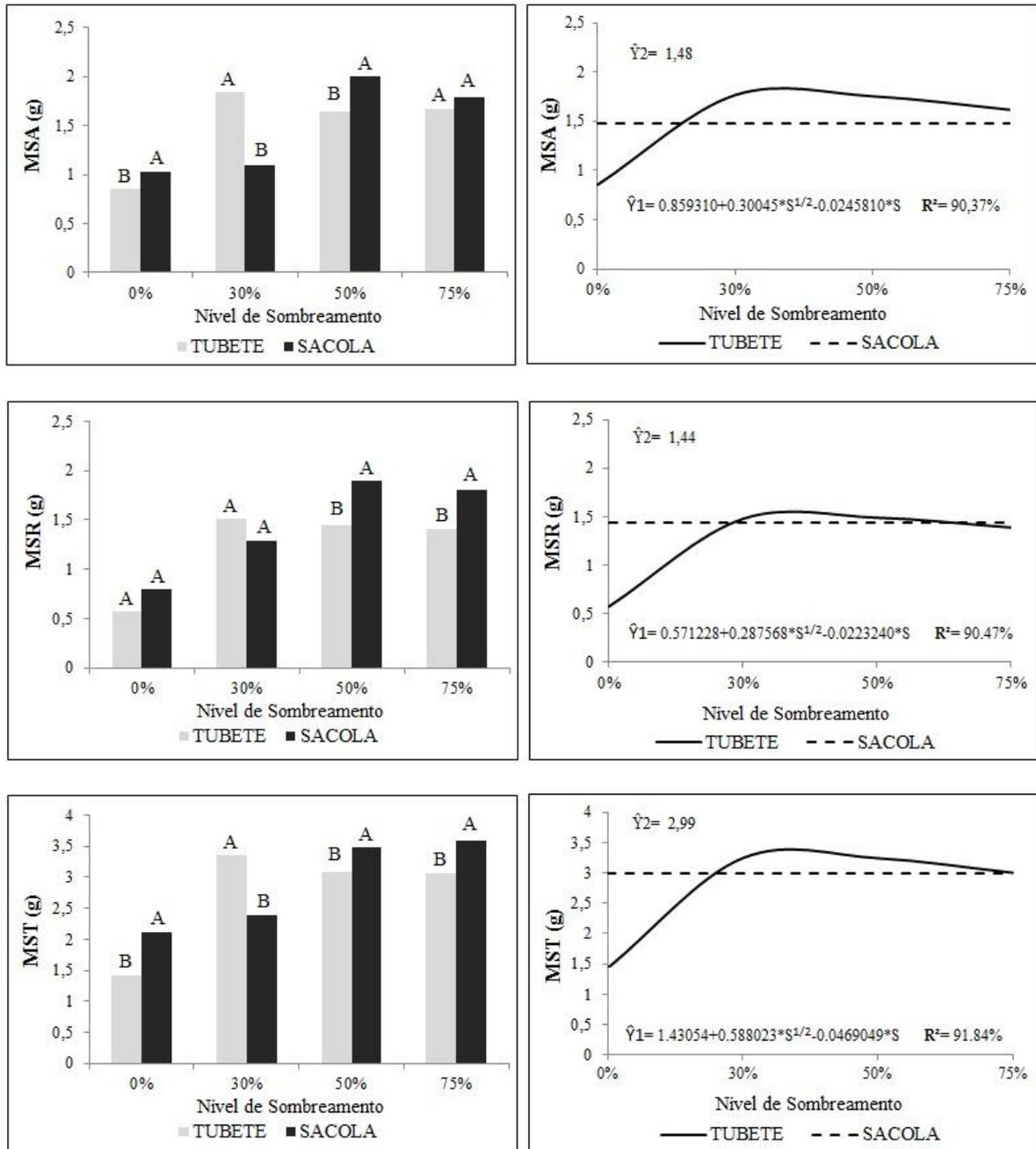
Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% probabilidade. CV(%):AF= 21,57

Figura 3 - Área foliar de plantas de café conilon (AF), em função dos tipos de recipientes e níveis de sombreamento.

O comportamento das mudas no que diz respeito à matéria seca da parte aérea (MSA), de raízes (MSR) e total (MST) são apresentados na Figura 4. Em geral, verificou-se diferença significativa para os recipientes nos níveis de sombreamento, menos para matéria seca da parte aérea e de raízes, nos níveis de 75% e de 0% e 30%, respectivamente. Ressalta-se que somente no nível de sombreamento de 30%, os maiores valores matéria seca da parte aérea e total foram obtidos em mudas formadas em tubetes, sendo que nos demais níveis e características avaliadas, a sacola superou o tubete.

A produção de matéria seca permite avaliar o crescimento de plantas em resposta à intensidade luminosa e recipiente, em que a quantidade total acumulada constitui-se no reflexo direto da produção fotossintética líquida somada à quantidade de nutrientes (ENGEL, 1989). Em tubetes, a curva de crescimento de MSA, MSR e MST, mostrou efeito raiz quadrada, sendo os maiores valores obtidos nos níveis de 30% e 50%, e baixos valores a pleno sol e 75% de sombra. Já em sacolas, os modelos matemáticos usados na estimativa do crescimento apresentaram coeficientes de determinação muito baixos, tendo sido representados pela média. Desse modo, os valores de matéria seca total de 1,43g a 3,24g obtidos em tubetes e valor médio de 2,89 g obtido em sacolas, traduzem o bom

crescimento das mudas nos níveis de sombreamento, cujos valores encontram-se acima da faixa estabelecida por Marana et al., (2008) considerada como sendo razoável (1,0 a 1,8 g).



Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% probabilidade.

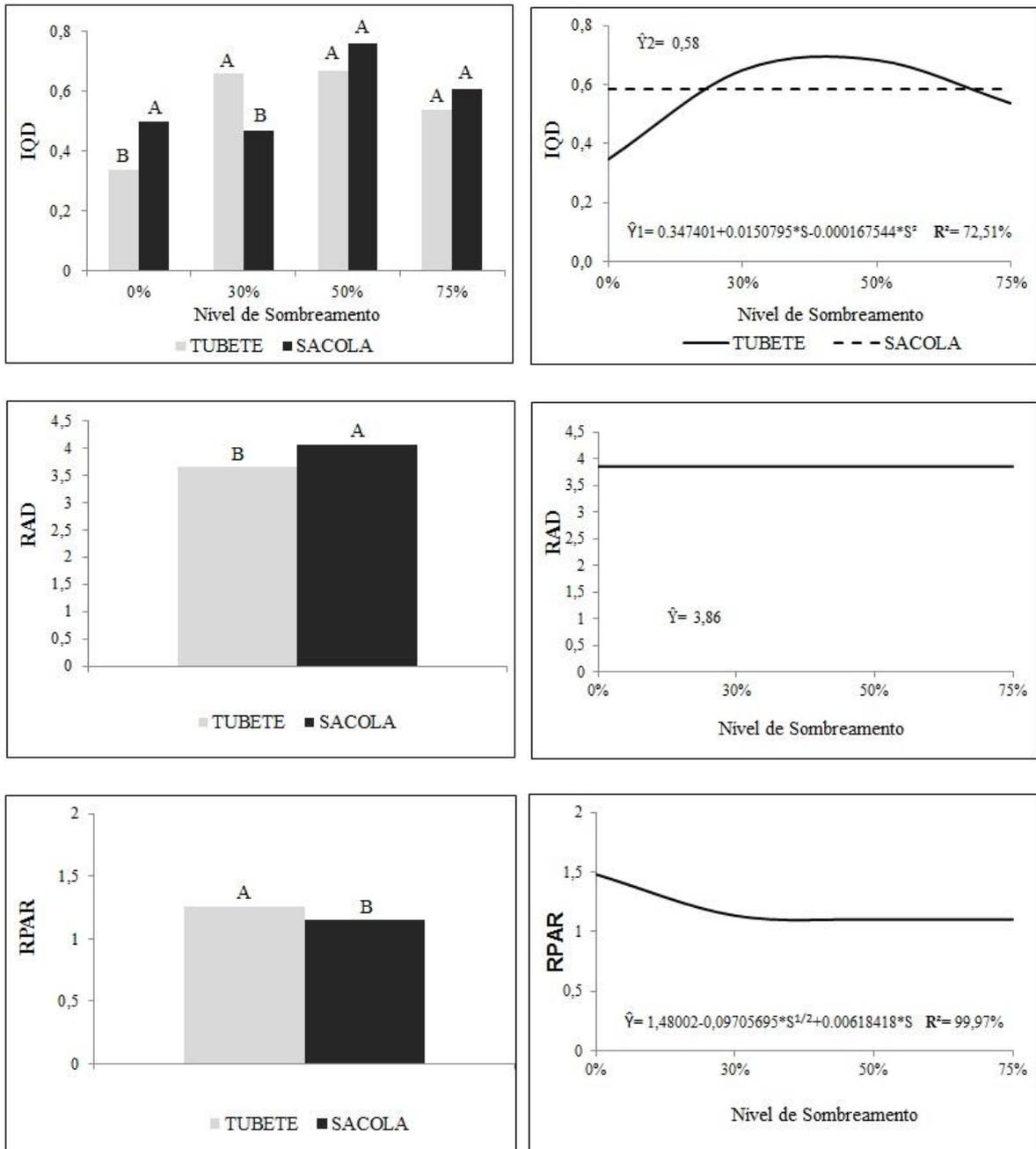
CV(%): MSA= 10,54; MSR=22,12; MST=13,54

$\hat{Y}_1 =$ Tubete; $\hat{Y}_2 =$ Sacola

Figura 4 – Matéria seca da parte aérea (MSA), de raízes (MSR) e total (MST) de plantas de café conilon, em função dos tipos de recipientes e níveis de sombreamento.

A análise de variância das características de qualidade de mudas de café conilon, mostrou efeito significativo entre recipientes e níveis de sombreamento somente para o índice de qualidade de Dickson (IQD). Ressalta-se que apenas no nível de sombreamento de 30% os maiores valores de IQD foram obtidos em tubetes e que não foram observadas diferenças significativas entre os recipientes, nos níveis de 50% e 75%. Os índices de qualidade de Dickson variaram entre 0,35 e 0,54 para tubetes e 0,58 para sacolas. Tais resultados superaram o valor mínimo de 0,20 estabelecido por Hunt (1990) para obter-se uma muda de qualidade (Figura 5).

As relações entre altura da planta e diâmetro do coleto (RAD) foram menores em tubetes do que em sacolas. Contudo, na análise de RAD nos níveis de sombreamento, a regressão foi não significativa, tendo sido representada pelo valor médio de 3,86. Por outro lado, os valores da relação parte aérea/raízes (RPAR) obtidos em tubetes superou o de sacolas. Os valores de RPAR variaram entre 1,48 a 1,10, apresentando efeito raiz quadrada. Esses valores são inferiores ao estabelecido por Marana et al. (2008), que consideram 4,7 como sendo razoável. Baixos índices de RPAR indicam que a muda não teve um bom desenvolvimento da parte aérea, o que pode ser controlado com o manejo das condições de viveiro, tais como, aumento das adubações, irrigações e sombreamento.



Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% probabilidade.
CV (%): IQD= 17,54; RAD= 13,09; RPAR= 14,92

$\hat{Y}_1 = \text{Tubete}; \hat{Y}_2 = \text{Sacola}$

Figura 5 - Índice de qualidade de Dickson (IQD), relação entre altura da planta e diâmetro do coleto (RAD) e relação entre matéria seca da parte aérea e raízes (RPAR) de plantas de café conilon, em função dos tipos de recipientes e níveis de sombreamento.

Na Tabela 1 é apresentada a análise de trilha de acordo com o modelo desenvolvido por Wright (1921), para melhor compreender as associações entre diferentes variáveis. De acordo com Silva et al. (2010), caracteres com altas correlações positivas com a variável

principal e, com efeito direto em sentido favorável, indicam a presença de causa e efeito. Desse modo, a matéria seca total e o diâmetro do coleto foram as variáveis que exerceram grande efeito direto sobre o índice de qualidade de Dickson (IQD). Isso evidencia a sua importância na determinação da qualidade das mudas de café conilon formadas em tubetes e sacolas nos níveis de sombreamento, constituindo-se em principais determinantes de suas alterações.

A matéria seca da parte aérea (MSA) e de raízes (MSR) apresentaram altas correlações positivas com IQD, com coeficiente de trilha em sentido contrário e efeito direto menor que o da variável residual, sendo sua importância dada somente em conjunto. Por sua vez, a altura da planta apresentou efeito direto superior ao efeito residual, contudo em sentido contrário e para explicar a variação de IQD, deve ser considerada a característica de crescimento que apresentar maior efeito indireto. Já a área foliar, também apresentou coeficiente de trilha menor que o efeito residual, o que traduz pequeno efeito direto sobre IQD.

A única variável que apresentou correlação negativa com IQD foi RPAR. Segundo Ribeiro Júnior & Melo (2009), quando o coeficiente é negativo, valores altos de uma variável estarão associados a valores baixos da outra. Assim, existe uma tendência do IQD diminuir com o aumento de RPAR. Ressalta-se ainda que a relação entre altura da planta e o diâmetro do coleto (RAD), mostrou correlação não significativa com IQD e, portanto, não apresentou relação de causa e efeito.

Tabela 1- Estimativas dos efeitos direto e indireto e do coeficiente de determinação (R^2) obtidas pela análise de trilha entre o índice de qualidade de Dikson (IQD), altura da planta (AP), diâmetro do coleto (DC), área foliar (AF), matéria seca da parte aérea (MSA), matéria seca de raízes (MSR), matéria seca total (MST), relação entre altura da planta e diâmetro do coleto (RAD) e relação entre a matéria seca da parte aérea e de raízes (RPAR), de mudas de café conilon formadas em tubetes e sacolas nos níveis de sombreamento de 0% (pleno sol), 30%, 50% e 75%.

| Efeito | AP | DC | AF | MSA | MSR | MST | RAD | RPAR |
|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------------------|----------------|
| Direto | -0,642 | 0,329 | 0,024 | -0,075 | -0,090 | 1,216 | 0,009 | -0,201 |
| Ind. via AP | - | -0,222 | -0,522 | -0,418 | -0,455 | -0,436 | -0,552 | 0,340 |
| Ind. via DC | 0,114 | - | 0,088 | 0,081 | 0,107 | 0,092 | -0,056 | -0,089 |
| Ind. via AF | 0,020 | 0,007 | - | 0,012 | 0,015 | 0,014 | 0,017 | -0,012 |
| Ind. via MSA | -0,049 | -0,018 | -0,036 | - | -0,061 | -0,069 | -0,042 | 0,027 |
| Ind. via MSR | -0,064 | -0,029 | -0,057 | -0,073 | - | -0,084 | -0,052 | 0,070 |
| Ind. via MST | 0,826 | 0,341 | 0,686 | 1,129 | 1,134 | - | 0,685 | -0,709 |
| Ind. via RAD | 0,008 | -0,002 | 0,006 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | - | -0,004 |
| Ind. via RPAR | 0,106 | 0,054 | 0,094 | 0,074 | 0,155 | 0,117 | 0,085 | - |
| Total | 0,319* | 0,460* | 0,284* | 0,735* | 0,811* | 0,855* | 0,093^{ns} | -0,577* |
| Coeficiente de Determinação | | | | | 0,9817 | | | |
| Efeito da Variável Residual | | | | | 0,1353 | | | |

4 CONCLUSÕES

Mudas de café conilon produzidas em tubetes a 30% e 50% de sombreamento e em sacolas a 50% e 75% apresentaram maior crescimento e melhor qualidade. O crescimento de mudas a pleno sol foi inferior ao obtido nos níveis de sombreamento. Os valores médios dos índices de qualidade de mudas formadas em tubetes e sacolas foram: 3,95 para a relação entre a altura da planta e diâmetro do coleto; de 1,2 para a relação de matéria seca entre a parte aérea e raízes e índice de qualidade de Dickson de 0,57. A matéria seca total e o diâmetro do coleto são as variáveis de crescimento com efeito direto em sentido

favorável, indicando presença de causa e efeito com o índice de qualidade de Dickson, constituindo-se em principais determinantes da qualidade da muda de café conilon, em ambos recipientes.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, F. B. **Relação entre variáveis de crescimento e o índice de qualidade de dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii* – Engelm.** 2007. 56 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2007.

ALVES, J. D.; GUIMARÃES, R. J. Sintomas de desordens fisiológicas em cafeeiro. In: GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; BALIZA, D. P. (Ed.). **Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas.** Lavras: UFLA, 2010. p.169-215.

APHALO, P.; RIKALA, R. Field performance of silver-birch planting-stock grown at different spacing and in containers of different volume. **New Forests**, Netherlands, v. 25, n.2, p.93–108, 2003.

BRAUN, H.; ZONTA, J. H.; SOARES, S. L. J.; REIS, E. R. Produção de mudas de café conilon propagadas em diferentes níveis de sombreamento. **Idesia**, Taparacá, v.25, n.3, p.85-91, 2007.

CARVALHO, G. R., GUIMARÃES, P. T. G.; NOGUEIRA, A. M.; REZENDE, J. C. de. Normas e padrões para a comercialização de sementes e mudas de cafeeiros em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: EPAMIG, v. 29, n. 247, p. 24-30, 2008.

CHAVES, A. de S.; PAIVA, H. N. de. Influência de diferentes períodos de sombreamento sobre a qualidade de mudas de fedegoso (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn.). **Scientia Forestalis**, n. 65, p. 22-29, 2004.

CUNHA, R. L.; SOUZA, C. A. S.; ANDRADE NETO, A.; MELO, B.; CORRÊA, J. F. Avaliação de substratos e tamanhos de recipientes na formação de mudas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 7-12, 2002.

DICKSON, A., LEAF, A. L., HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.

ENGEL, V. L. **Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de essências nativas, concentração de clorofila nas folhas e aspectos de anatomia.** 1989. 202 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Piracicaba, 1989.

FAHL, J. I., CARELLI, M. L. C. Influência do sombreamento nas características fisiológicas envolvidas no crescimento de espécies de coffeea. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina, **Resumos Expandidos...** Londrina: IAP, 1994. p. 289-290.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (eds.). **Café conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. 702 p.

HENRIQUE, P. de C.; ALVES, J. D.; DEUNER, S.; GOULART, P. de F. P.; LIVRAMENTO, D. E. do. Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de mudas de café cultivadas sob telas de diferentes colorações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.5, p.458-465, 2011.

HUNT, G. A. Effect of styrobloc design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p.218-222.

MARANA, J. P.; MIGLIORANZA, E., FONSECA, E. de P., KAINUMA, R. H. Índices de qualidade e crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p. 39-45, 2008.

MORGADO, I. F.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; LELES, P. S. Nova metodologia de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* ex Maiden, utilizando resíduos prensados como substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 1, n. 24, p. 27-33, 2000.

PAIVA, L. C., GUIMARÃES, J. R., SOUZA, C. A. S. Influência de diferentes níveis de sombreamento sobre o crescimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 1, p. 134-140, 2003.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; DETMANN, E.; CAMPOSTRINI, E. Estimativa da área foliar do cafeeiro conilon a partir do comprimento da folha. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 306, p. 204-210, 2006.

PREZOTTI, L. C., GOMES, J. A., DADALTO, G. G., OLIVEIRA, J. A. (Eds.). **Manual de recomendações de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª Aproximação**. Vitória, ES. SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

RICCI, M. DOS S. F.; COSTA, J.R.; PINTO, A.N.; SANTOS, V.L. DA S. Cultivo orgânico de cultivares de café a pleno sol e sombreado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 569-575, 2006.

SILVA, J. I.; VIEIRA, H. D.; VIANA, A. P.; BARROSO, D. G. Desenvolvimento de mudas de *coffea canephora* PIERRE ex A. FROEHNER em diferentes combinações de substrato e recipiente. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n., p. 38-48, 2010.

TATAGIBA, S. D.; SANTOS, E. A.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. dos. Mudas de *Coffea canephora* cultivadas sombreadas e a pleno sol. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.18, n. 3, p. 219-226, 2010.

VALLONE, H. S., GUIMARÃES, R. J., MENDES, A. N. G., SOUZA, C. A. S., CUNHA, R. L. DA., DIAS, F. P. Diferentes recipientes e substratos na produção de mudas de cafeeiros. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n.1, p. 55-60. 2010.

VALLONE, H. S., GUIMARÃES, R. J., MENDES, A. N. G., SOUZA, C. A. S., DIAS, F. P., CARVALHO, A. M. Recipientes e substratos na produção de mudas e no desenvolvimento inicial de cafeeiros após o plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 5, p. 1327-1335. 2009.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, v. 20, p. 557-585. 1921.

3.2 CRESCIMENTO DE RAMOS E RAÍZES DO CAFEEIRO CONILON SOB MANEJO IRRIGADO E DE SEQUEIRO

(Preparo de acordo com as normas da Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - Agriambi)

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento vegetativo e reprodutivo, assim como a distribuição de raízes de plantas do cafeeiro conilon irrigadas e de sequeiro, oriundos de mudas formadas em dois recipientes e diferentes níveis de sombreamento. O experimento foi desenvolvido no IFES, Campus de Alegre-ES, no período de agosto de 2010 a abril de 2011, sendo as raízes avaliadas em quatro profundidades. O período de crescimento vegetativo ativo das plantas coincidiu com temperaturas médias entre 22,5 e 26,2 °C e período de maior precipitação. Abaixo de 20,3 °C e acima de 31,5 °C o crescimento de ramos diminuiu, em ambos os manejos. As plantas irrigadas apresentaram maior número nós, de flores vingadas, de frutos por ramo plagiotrópico e por nó, como também, maior produção por planta e rendimento. A irrigação promoveu melhor distribuição do sistema radicular no perfil do solo, com maior concentração das raízes na camada de 0-20 cm. O total de raízes finas obtidos em plantas irrigadas foi superior ao de plantas de sequeiro. Os níveis de sombreamento usados na produção das mudas somente influenciaram o diâmetro de raízes de plantas irrigadas. O tipo de recipiente usado na formação das mudas não influenciou o crescimento de ramos e desenvolvimento de raízes do cafeeiro conilon e sim o sistema de manejo das plantas.

Palavras-chave: *Coffea canephora*, desenvolvimento vegetativo, sistema radicular

GROWTH OF BRANCHES AND ROOTS OF CONILON COFFEE UNDER IRRIGATED AND RAINFED MANAGEMENT

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the vegetative and reproductive growth, as well as the distribution of the roots of irrigated and rainfed Conilon coffee plants, using seedlings formed in two different containers and different levels of shading. The experiment was conducted at Ifes, Campus Alegre-ES, from August 2010 to April 2011 and the roots were evaluated at four depths. The period of active vegetative growth of the plants coincided with average temperatures between 22.5 and 26.2 °C and period of higher precipitation. Below 20.3 °C and above 31.5 °C the growth of branches decreased in both managements. The irrigated plants had greater number of nodes, succeeded flowers, and number of fruits per plagiotropic stem and node, as well as greater production and yield. Irrigation promoted better root distribution in soil profile, with a higher concentration of roots at 0-20 cm depth. The total fine roots observed in irrigated plants was higher than in non-irrigated ones. The level of shading used in the nursery only affected the diameter of root irrigated plants. The type of container used in the seedlings formation did not influence shoot growth and root development of Conilon coffee. These variables were influenced only by the type of plant management system.

Key words: *Coffea canephora*, vegetative growth, root system

INTRODUÇÃO

No Brasil, o cultivo do café conilon tem-se expandido para áreas onde a deficiência hídrica é o principal fator limitante à produção. Para melhorar o rendimento de cafeeiros em ambientes com restrição hídrica, melhoristas tem procurado selecionar genótipos que produzam bem nesses ambientes (Silva et al., 2010), ou então, deve-se adotar a técnica da irrigação, visto que 58% da área cultivada do Estado do Espírito Santo apresenta alto risco climático no atendimento hídrico do cafeeiro conilon no florescimento, granação e crescimento vegetativo (Pezzopane et al., 2010). Assim, a água é essencial para a produção

vegetal, pois tanto a falta quanto o excesso prejudicam o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Gava et al., 2011).

A periodicidade de crescimento vegetativo tem sido estudada por vários pesquisadores, tanto para o café arábica (Damatta et al., 1999; Amaral et al., 2001, 2006), quanto para o café conilon (Libardi et al., 1998; Amaral et al., 2007), estando associada a diversos fatores ambientais, entre eles o suprimento de água e nutrientes.

Estudando o crescimento vegetativo do cafeeiro conilon, Partelli et al. (2010) observaram que a fase de baixo crescimento parece estar relacionada com a temperatura mínima do ar, enquanto que a taxa de crescimento ativo ocorreu quando a média da temperatura mínima do ar foi superior a 17 °C e a média das temperaturas máximas foi inferior a 31,5 °C.

Dentre os aspectos que tem relação direta com a produção do cafeeiro está o crescimento reprodutivo, compreendido nas fases de floração, frutificação e maturação dos frutos. Após a abertura das flores, inicia-se a fase da frutificação, na qual ocorre o pegamento, o desenvolvimento e a maturação dos frutos (Ronchi & Damatta, 2007).

Estudos dos sistemas radiculares, em suas estruturas e funções, são de grande importância para o entendimento do desempenho das plantas cultivadas, pois para otimizar a utilização dos recursos disponíveis, deve apresentar bom desenvolvimento em volume e boa arquitetura. No entanto, medir comprimento, volume, área e diâmetro das raízes, requer muito trabalho e tempo. Apesar de muitos autores se dedicarem a este fim, registra-se, ainda, que informações sobre o crescimento de raízes do café conilon são bem mais escassas que as disponíveis para o café arábica (Jesus et al., 2006; Ronchi & Damatta, 2007).

O sistema radicular do cafeeiro é pseudopivotante e raras vezes estende-se além de 45 cm abaixo da superfície do solo, sendo as raízes absorventes consideradas como aquelas fisiologicamente mais ativas (Rena & Guimarães, 2000). O comprimento e a superfície totais das raízes são importantes indicadores da sua capacidade de absorção de nutrientes (Himmelbauer et al., 2002), e tem relação direta com a produtividade.

Sob efeito da irrigação localizada, Soares et al. (2007) observaram que 70% das raízes finas do cafeeiro arábica, cultivar Rubi, foram encontradas até 50 cm de profundidade e 95% até 85 cm, também a 50 cm de distância do caule. Por sua vez, Partelli et al. (2006) constataram que cerca de 64% das raízes finas do cafeeiro conilon não irrigado, aos 53 meses de idade e a 50 cm de distância do caule, se encontram nos primeiros 20 cm do solo.

Em relação à irrigação, estudos sobre o desenvolvimento das raízes são essenciais, pois uma estimativa errada da profundidade do sistema radicular pode levar à subestimativa ou à superestimativa do valor da lâmina de irrigação (França Junior, 2003), assim como, afetar o padrão de crescimento radicular, reduzindo a profundidade de penetração, estimulando o desenvolvimento de raízes nas camadas mais superficiais do solo (Ronchi & Damatta, 2007).

Ante ao exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento vegetativo e reprodutivo, assim como a distribuição de raízes de plantas do cafeeiro conilon irrigadas e de sequeiro, oriundos de mudas formadas em dois recipientes e diferentes níveis de sombreamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), Campus de Alegre-ES, Fazenda Caixa D'Água, distrito de Rive, localizado na latitude de 20° 25' 51,61" S e longitude de 41° 27' 24,51" W, altitude de 136,82 m e precipitação média anual de 1.250 mm. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Awa, com temperatura média anual de 26°C. A espécie vegetal utilizada foi a *Coffea canephora* Pierre, variedade Robusta Tropical (Emcaper 8151), de propagação por sementes.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, distribuído em esquema de parcelas subdivididas: 2 manejos (irrigado e sequeiro) x 2 recipientes usados na produção das mudas (tubete e sacola) x 4 níveis de sombreamentos usados também na produção das mudas (0%, 30%, 50% e 75%), utilizando-se três repetições. Na análise do crescimento dos ramos e raízes, os manejos foram avaliados separadamente.

Atendidas a condição de normalidade e homocedastia, os dados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo as médias de recipiente comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade e os níveis de sombreamento, época e profundidade foram analisados por meio de regressão, utilizando-se o programa computacional SAEG.

As mudas de café foram produzidas em tubetes de polietileno com capacidade de 120 mL e sacolas plásticas com capacidade de 770 mL, preenchidos com substrato padrão (70% terra peneirada + 30% esterco de bovino + adubos químicos), sob diferentes níveis de sombreamento (0%, 30%, 50% e 75%). O plantio das mudas ocorreu em dezembro de 2007, adotando-se o espaçamento de 3,0m x 1,1m (3.030 plantas ha⁻¹), em um solo

classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), de textura argilo arenosa, cujos atributos químicos e físicos estão descritos na Tabela 1.

A adubação foi realizada com base na análise química do solo e com a produtividade desejada de 80 sacas beneficiadas por hectare. Foram aplicados 359 kg ha⁻¹ de N, 109 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 323 kg ha⁻¹ de K₂O na parcela irrigada e 360 kg ha⁻¹ de N, 18 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 308 kg ha⁻¹ de K₂O na parcela não irrigada, distribuídos em três aplicações (outubro e dezembro/2010 e fevereiro/2011). Os tratos culturais e fitossanitários foram realizados conforme as necessidades da cultura, seguindo as atuais recomendações para o café conilon (Ferrão et al., 2007).

Após o plantio das mudas no campo, as plantas foram irrigadas por quatro meses para garantir o seu pegamento (13/04/2008). Vencido esse período, foi implantado na parcela irrigada um sistema de irrigação fixo do tipo aspersão convencional, constituído por duas linhas laterais, apresentando cada uma dois aspersores setoriais, espaçados em 18m entre si, com vazão de 2,17 m³ h⁻¹, cujo Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) foi de 81% e lâmina média de 13,68 mm.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo em área cultivada com plantas do cafeeiro conilon, formadas em tubetes e sacolas e diferentes níveis de sombreamento, conduzidas irrigadas (I) e em sequeiro (NI), aos 36 meses após o plantio

| Parâmetros | Profundidade (cm) | | | |
|--|-------------------|------|---------|------|
| | 0 - 20 | | 20 - 40 | |
| | I | NI | I | NI |
| pH | 6,0 | 5,5 | 5,5 | 5,3 |
| S (mg dm ⁻³) | 16,0 | 23,0 | 3,0 | 20,0 |
| P (mg dm ⁻³) | 5,9 | 19,8 | 12,0 | 18,0 |
| K (mg dm ⁻³) | 51,0 | 65,0 | 48,0 | 93,0 |
| Ca (cmol _c dm ⁻³) | 2,7 | 2,1 | 3,1 | 1,1 |
| Mg (cmol _c dm ⁻³) | 1,0 | 0,8 | 0,7 | 0,6 |
| Al (cmol _c dm ⁻³) | 0,0 | 0,2 | 0,1 | 0,2 |
| H+Al (cmol _c dm ⁻³) | 4,0 | 6,1 | 2,3 | 3,2 |
| Na (cmol _c dm ⁻³) | - | - | 3,0 | 4,0 |
| MO (g kg ⁻¹) | 2,3 | 2,2 | 1,0 | 1,3 |
| CTC (cmol _c dm ⁻³) | 7,8 | 9,2 | 6,2 | 5,41 |
| SB (cmol _c dm ⁻³) | 3,8 | 3,1 | 3,85 | 2,17 |
| V (%) | 48,9 | 33,5 | 62,3 | 40,0 |
| m (%) | - | - | 3,7 | 8,5 |
| Fe (mg dm ⁻³) | 31,0 | 35,0 | 27,0 | 57,0 |
| Cu (mg dm ⁻³) | 0,9 | 0,6 | 0,7 | 3,4 |
| Zn (mg dm ⁻³) | 3,6 | 2,9 | 1,6 | 10,2 |
| Mn (mg dm ⁻³) | 30,0 | 36,9 | 20,0 | 76,0 |
| B (mg dm ⁻³) | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,03 |
| Ds (g cm ⁻³) | 1,73 | 1,75 | 1,63 | 1,84 |
| Areia Total (%) | 53 | | 48 | |
| Silte (%) | 6 | | 7 | |
| Argila (%) | 41 | | 45 | |

*Métodos de Extração: pH em água (1:2,5); P, K, Na, Zn, Cu, Fe, Mn: Mehlich 1; B: água quente; Ca, Mg, Al: KCl-1 mol/L; H+Al: acetato de cálcio (0,5 mol/L); MO: Oxi-Red., S: fosfato monocálcio em ácido acético

**Legenda: CTC: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; SB: soma de bases; V: índice de saturação de bases; ds: densidade do solo

O manejo da irrigação adotado foi via solo, com turno de rega fixo de uma vez por semana. A lâmina de irrigação (L_i) necessária para elevar o teor de umidade do solo (U_a) à capacidade de campo (23,8%) foi calculada de acordo com Sousa et al. (2003), sendo o valor da profundidade efetiva do sistema radicular de 35 cm e densidade do solo de $1,68 \text{ g cm}^{-3}$. A umidade do solo foi determinada pelo método direto, utilizando-se um forno elétrico à temperatura entre 180° a 200° C , a partir de amostras coletadas na projeção da copa com peso mínimo de 40g, em seis repetições.

A precipitação foi determinada por meio de um pluviômetro instalado na área experimental, em medidas diárias realizadas às 9 horas. A temperatura máxima e mínima foi medida em um termômetro digital E 7427 (CALARM).

Avaliação do crescimento vegetativo e reprodutivo foi realizada a cada trinta dias, no período de agosto de 2010 a abril de 2011, estabelecendo-se oito épocas. Para tanto, foi selecionada a planta central da parcela experimental, na qual foram efetuadas as medidas de comprimento do ramo ortotrópico de maior diâmetro (Figura 1 A), com auxílio de uma régua graduada. Logo após, foi identificado o ramo plagiotrópico de maior comprimento desse ramo, medido com auxílio de uma trena metálica flexível (Figura 1B). Em dezembro de 2010, foi realizada a contagem do número de flores vingadas por ramo plagiotrópico.

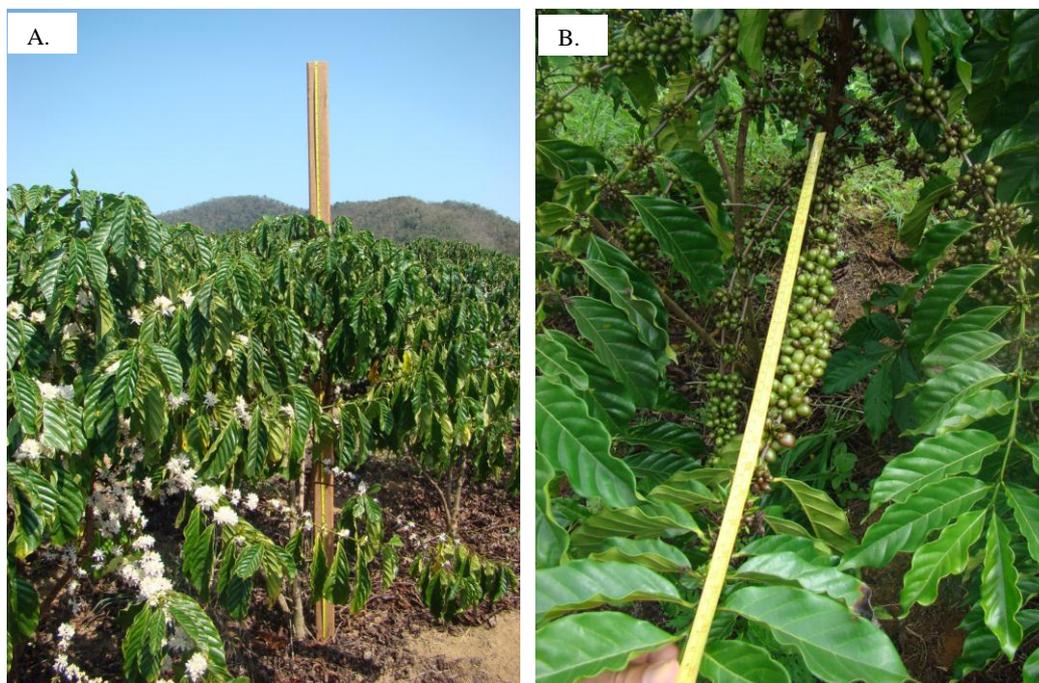


Figura 1. Medidas do ramo ortotrópico (A) e ramo plagiotrópico (B) do cafeeiro conilon

Na avaliação final ocorrida em abril de 2011, os ramos plagiotrópicos foram retirados das plantas, efetuando-se a contagem do número de nós, número de frutos por nó, número de frutos por ramo. A massa fresca dos frutos por ramo foi determinada pela pesagem em balança digital; a medida de internódios foi estabelecida pela razão entre o comprimento e o número de nós do ramo plagiotrópico; e o número de frutos abortados pela diferença do total de flores vingadas e o número de frutos por ramo.

A avaliação da produção foi realizada a partir da colheita individual e posterior pesagem, obtendo-se a quantidade de café da roça por planta (CR pl⁻¹). Do total colhido na parcela experimental, foi retirada uma amostra de 2 kg de café da roça, que foi submetida à secagem em terreiro suspenso até $\pm 12\%$ de umidade (café em coco). Posteriormente, a amostra de café em coco foi beneficiada e pesada, transformando-se os dados obtidos em kg de café beneficiado por planta (CB pl⁻¹). O rendimento foi estabelecido pela relação entre quilos de café da roça por quilo de café beneficiado (kgCR : kgCB).

O sistema radicular das plantas foi avaliado aos 36 meses após o plantio (13/12/2010), tendo sido coletados monólitos do solo com volume de 27 cm³. Foram amostradas 24 unidades experimentais em cada manejo (irrigado e sequeiro), retiradas a 55 cm de distância do tronco da planta central da parcela, no sentido da linha (Figura 2A), por meio de trado tipo sonda, em quatro profundidades (0–10, 10–20, 20–30 e 30–40 cm). Logo após, as amostras foram armazenadas em sacolas plásticas (Figura 2B) e mantidas em câmara fria. Para serem lavadas, as amostras foram acondicionadas em copos transparentes previamente identificados, tendo sido realizada sob água corrente e em peneira de 30 mesh. Após a separação, as raízes foram colocadas para secar em papel absorvente (Figuras 2C, 2D e 2E).

Para a digitalização das imagens, as raízes lavadas foram colocadas entre duas placas de vidro (30 x 21 x 0,2 cm) (Figuras 2F e 2G). Uma vez digitalizadas, as imagens foram submetidas ao programa SAFIRA versão 1,1 (Jorge et al., 2010) para quantificação do comprimento, área superficial e diâmetro das raízes, conforme procedimentos adotados por Freitas et al. (2005) e Partelli et al. (2006). Para análise, utilizaram-se as raízes inferiores a 1 mm de diâmetro, e os dados foram estimados por dm³ de solo. A partir dos resultados obtidos, foi determinada a distribuição porcentual de raízes nas diferentes profundidades.



Figura 2. Coleta dos monólitos de solo com raízes (A.), acondicionamento das amostras em sacolas plásticas (B.), distribuição dos monólitos em copos transparentes (C.), separação das raízes em água corrente sob peneira (D.), secagem das raízes em papel absorvente (E.), arranjo das raízes lavadas entre placas de vidro (F.), digitalização das imagens de raízes de plantas do cafeeiro conilon irrigadas e de sequeiro, em quatro profundidades (G.)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou que não houve efeito significativo do recipiente usado na formação das mudas, no crescimento de ramos de plantas do cafeeiro conilon, em ambos os manejos. Com relação aos fatores quantitativos sombra e época, nenhum modelo matemático foi ajustado na estimativa da curva de crescimento dos ramos. Com isso, a taxa de crescimento dos ramos foi representada utilizando-se os valores médios (Figura 3A.).

Em regiões cafeeiras de latitudes elevadas, foi observado que a fase de crescimento intenso do cafeeiro ocorre na primavera/verão com dias mais longos e mais quentes, que coincide com o início do período chuvoso, enquanto que as taxas de crescimento

vegetativo inferiores ocorrem no outono/inverno caracterizado por ser um período seco, frio e com dias mais curtos (Nazareno et al., 2003; Rena & Maestri, 1986, 1987; Silva et al., 2004). Nesse estudo, observou-se que plantas irrigadas e de sequeiro apresentaram crescimento distintos com relação às curvas de precipitação e de temperatura (Figura 3B.).

Pela Figura 3, nota-se que o crescimento ativo das plantas coincidiu com temperaturas mínimas acima de 17,5 °C, temperaturas médias situadas entre 22,5 e 26,2 °C e temperaturas máximas em torno de 32 °C, e com a época de maior precipitação. Os índices pluviométricos mais elevados ocorreram nos meses de outubro a dezembro e valores mínimos foram observados nos meses de agosto e setembro. Os decréscimos na intensidade de crescimento de plantas de sequeiro, nos meses de dezembro a fevereiro, pode estar associado a maior temperatura média do período (30,3 °C), que supera em muito os valores médios entre 22 e 26 °C, considerado por Rena & Maestri (1986) como sendo o intervalo adequado para o desenvolvimento vegetativo do cafeeiro conilon. É importante ressaltar que a reduzida cobertura vegetal do solo, ocorrência de veranico típico de verão com duração de 33 dias sem chuvas e temperatura máxima elevada nesses meses (média de 37,4 °C), concorreram para a elevação da temperatura da camada superficial do solo, traduzindo-se em possíveis prejuízos ao sistema radicular das plantas, com consequente redução do crescimento vegetal (Figura 3).

Em plantas irrigadas, o alongamento dos ramos foi mínimo no mês de setembro, bem como no mês de abril. A taxa máxima de crescimento ocorreu no mês de outubro, sendo de 2,38 e 1,55 mm dia⁻¹ em ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, respectivamente. Silveira (1996) também observou que o crescimento máximo do cafeeiro conilon irrigado ocorreu no mês de outubro (3,3 mm dia⁻¹). Por sua vez, no período de novembro a março, os ramos ortotrópicos apresentaram crescimento médio de 1,22 mm dia⁻¹, enquanto que em ramos plagiotrópicos houve redução nas taxas de crescimento a partir do mês de novembro, atingindo valores mínimos nos meses de janeiro e fevereiro. De acordo com Amaral et al. (2007), decréscimos na intensidade de crescimento nesses meses podem ser atribuídos ao rápido enchimento dos grãos, sendo os frutos os drenos mais fortes, cafeeiros crescem menos nessa fase. Com isso, a elevada produtividade na safra 2010/11 de 76,8 sacas beneficiadas de 60 kg ha⁻¹ vem de encontro a tal afirmação.

Já a variação do crescimento em ramos de plantas de sequeiro, foi baixa no mês de setembro, aumentou com o início das chuvas e atingiu valores máximos em novembro, sendo de 3,58 e 2,3 mm dia⁻¹ em ramos ortotrópicos e plagiotrópicos; reduziu em dezembro e atingiu valores mínimos em fevereiro; aumentou em março devido à elevada

precipitação com taxas maiores do que as observadas em plantas irrigadas; e em abril, retornou aos valores decrescentes. Em geral, apesar da duração do crescimento de plantas irrigadas ser maior, as taxas máximas de crescimento dos ramos foram observadas em plantas de sequeiro (Figura 3).

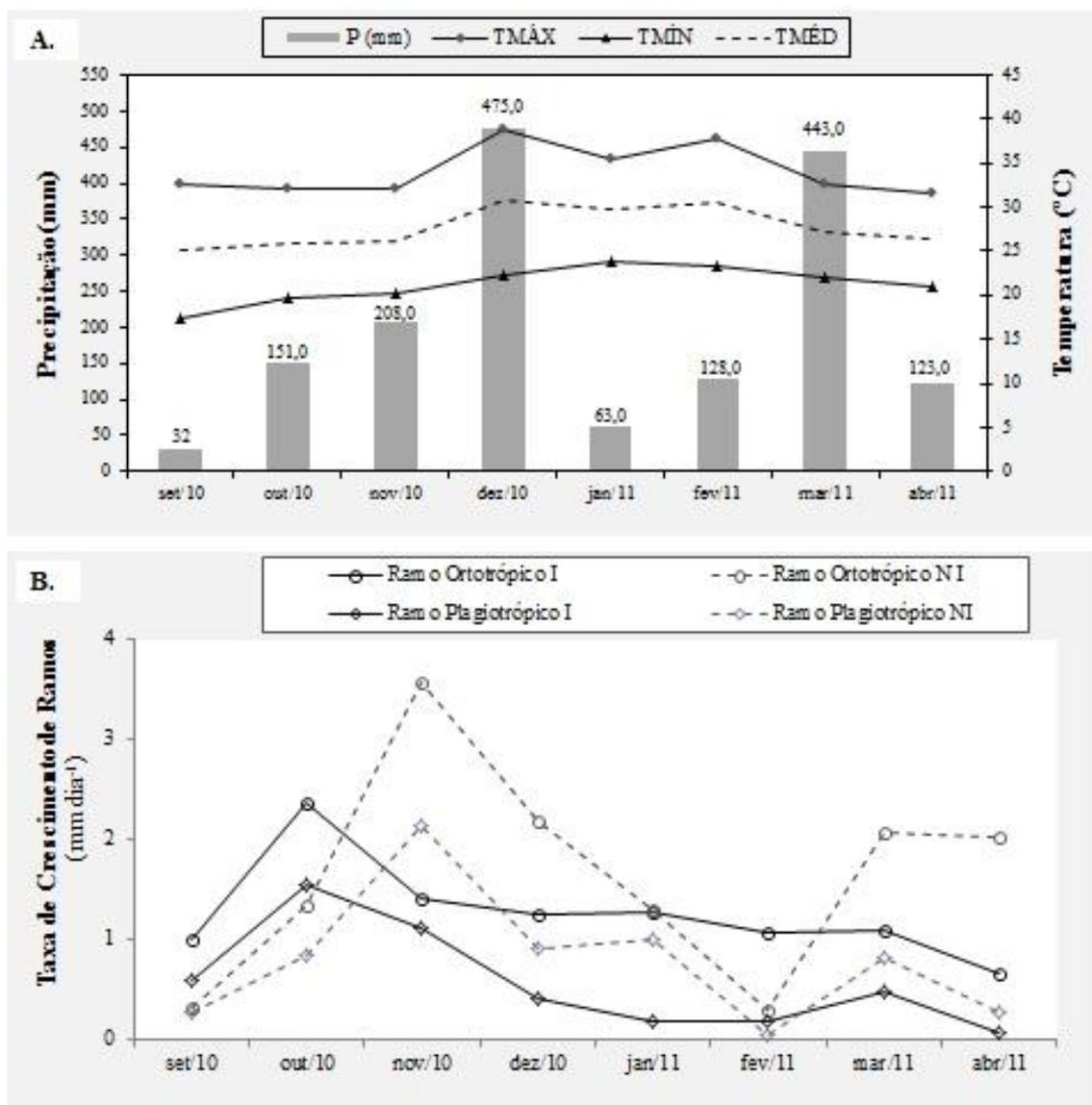


Figura 3. Médias mensais de temperatura máxima, média e mínima do ar, precipitação e taxa de crescimento dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos de plantas do cafeeiro conilon irrigadas (I) e de sequeiro (NI), no período de setembro de 2010 a abril de 2011

Na comparação das médias das variáveis do crescimento reprodutivo do cafeeiro conilon, observou-se que o comprimento dos ramos plagiotrópicos de plantas irrigadas e de sequeiro são estatisticamente iguais. Nas demais características avaliadas, os valores obtidos em plantas irrigadas superam aos de plantas de sequeiro, menos para o número de frutos abortados e internódios. Esses resultados associados a maior massa fresca dos frutos,

resultaram na maior produção de café da roça e rendimento de plantas irrigadas (Tabela 2). Com isso, para cada saca de 60 kg de café beneficiado foram necessários 264,0 kg de café da roça de plantas irrigadas, enquanto que em plantas de sequeiro, foram gastos 648,0 kg de café roça, ou seja, de 2,5 vezes a mais. Desse modo, pode-se inferir que a irrigação proporcionou maior crescimento do cafeeiro conilon e maior produtividade, visto que segundo Rena & Damatta (2002), a produção do cafeeiro conilon ocorre nos ramos desenvolvidos no corrente ano, e, neste caso, existe relação direta entre desenvolvimento, produtividade e crescimento vegetativo.

Tabela 2. Comprimento do ramo plagiotrópico (CP), número de nós do ramo plagiotrópico (NÓS), número de flores vingadas por ramo (FLV), número de frutos por ramo (FR), número de frutos abortados por ramo (FA), número de frutos por nó (FNÓ), internódio (IN), matéria fresca dos frutos (MFF), produção (PROD) e rendimento (REND) do cafeeiro conilon irrigado e de sequeiro

| Manejo | CP | NÓS | FLV | FR | FA | FNÓ | IN | MFF | PROD* | REND** |
|----------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|-------|---------|--------------------------|---------------|
| | (cm) | | | Nº | | | (cm) | (g) | (kgCR pl ⁻¹) | (kgCR : kgCB) |
| Irigado | 74,8 A | 14,7 A | 177,5 A | 154,3 A | 25,1 B | 10,5 A | 5,1 B | 109,8 A | 6,7 A | 4,4 : 1 |
| Sequeiro | 69,6 A | 11,4 B | 122,1 B | 74,1 B | 47,8 A | 6,5 B | 6,1 A | 37,8 B | 2,1 B | 10,8:1 |
| CV (%) | 13,95 | 20,35 | 43,69 | 49,53 | 53,76 | 38,21 | 32,63 | 47,29 | 32,38 | - |

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade

*PROD (kgCR pl⁻¹): kg de café da roça por planta; REND** (kgCR : kgCB): kg de café da roça por kg de café beneficiado

Incrementos significativos em altura da planta, diâmetro do caule, diâmetro da copa, número de internódios e comprimento dos ramos primários do cafeeiro arábica irrigado, além de incremento na produtividade, foram observados por Vilella & Faria (2003). Por sua vez, Nazareno et al. (2003), Carvalho et al. (2006) e Gomes et al. (2007) ao realizarem estudo em cafeeiros irrigados com lâminas crescentes de reposição de água, também relataram acréscimo nessas características de crescimento. Já Carvalho et al. (2010) avaliaram cafeeiros nos estágios iniciais de desenvolvimento em diferentes ambientes e concluíram que houve correlação positiva entre a produtividade e as características de crescimento avaliadas, com exceção do número de nós.

No estudo do sistema radicular do cafeeiro conilon houve efeito significativo para recipiente em diâmetro de plantas irrigadas e área superficial de plantas de sequeiro; para os níveis de sombreamento em área superficial e diâmetro de plantas irrigadas; em profundidade para área superficial e comprimento de raízes, em ambos os manejos, menos para o diâmetro. A interação significativa entre sombra e recipiente ocorreu apenas para diâmetro de plantas irrigadas. Mas não houve interação tripla entre os fatores, conforme pode ser observado na Tabela 3.

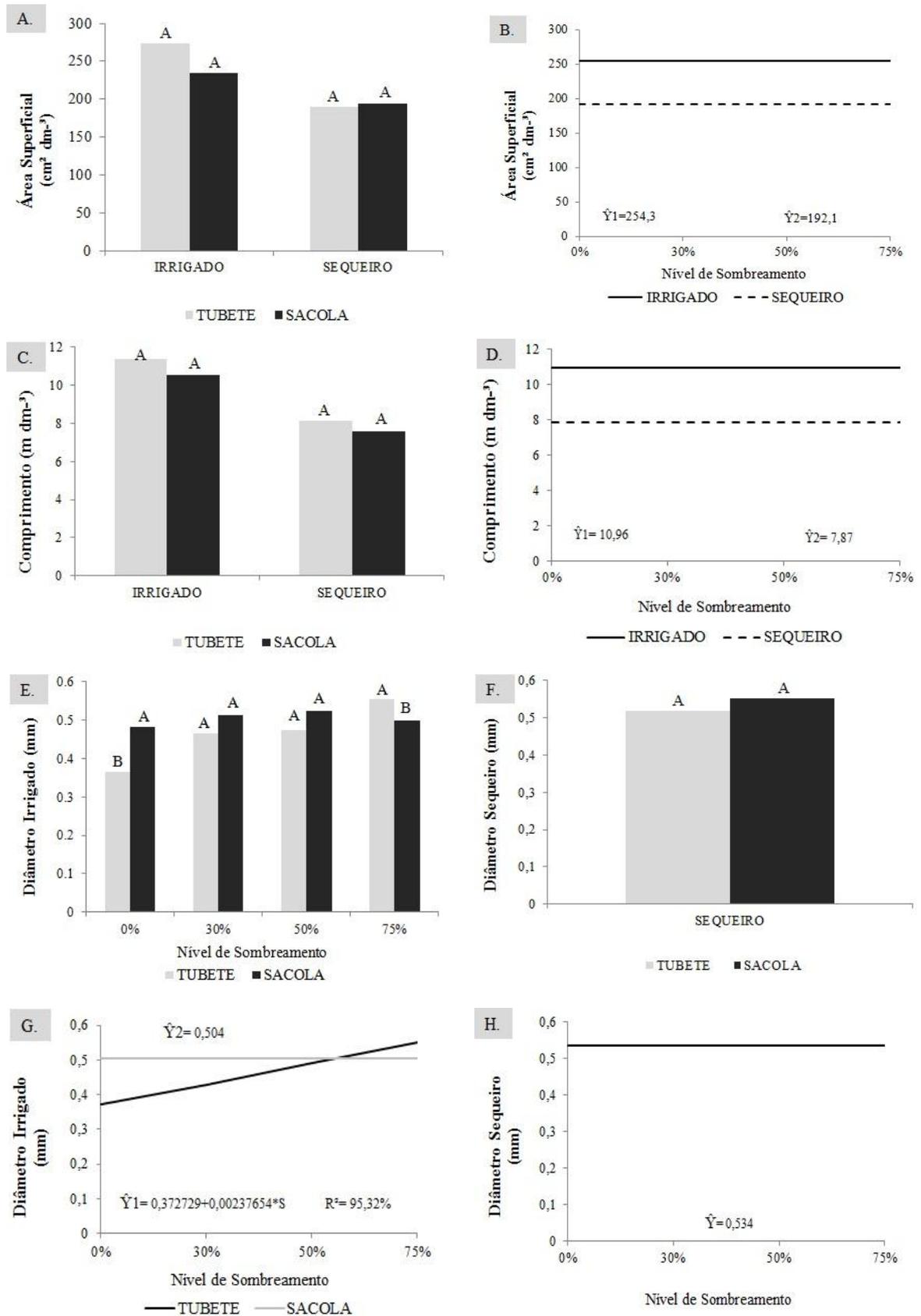
Tabela 3. Síntese da análise de variância para a variável de área superficial, comprimento e diâmetro de raízes finas de plantas do cafeeiro conilon irrigadas e de sequeiro

| Fonte de Variação | GL | Quadrado Médio | | | | | |
|------------------------|----|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| | | Área Superficial | | Comprimento | | Diâmetro | |
| | | Irigado | Sequeiro | Irigado | Sequeiro | Irigado | Sequeiro |
| Bloco | 2 | 33978,19 ^{ns} | 2986,784 ^{**} | 42,568 ^{ns} | 5,690 ^{ns} | 0,005 [*] | 0,004 ^{ns} |
| Recipiente | 1 | 35583,01 ^{ns} | 320,865 ^{**} | 15,278 ^{ns} | 6,922 ^{ns} | 0,037 ^{**} | 0,027 ^{ns} |
| Erro (A) | 2 | 131131,6 | 18,36034 | 277,1237 | 3,414187 | 0,001174 | 0,009747 |
| Sombra | 3 | 247128,3 ^{**} | 28249,84 ^{ns} | 293,793 ^{ns} | 32,131 ^{ns} | 0,0453 ^{**} | 0,0109 ^{ns} |
| Sombra x Recip | 3 | 14919,36 ^{ns} | 26503,86 ^{ns} | 7,182 ^{ns} | 44,508 ^{ns} | 0,0303 [*] | 0,0061 ^{ns} |
| Erro (B) | 12 | 43558,72 | 26929,41 | 113,9093 | 41,84474 | 0,0086884 | 0,013307 |
| Profundidade | 3 | 541257,6 ^{**} | 447754,8 ^{**} | 859,255 ^{**} | 722,680 ^{**} | 0,007 ^{ns} | 0,0189 ^{ns} |
| Prof. x Recip | 3 | 33323,37 ^{ns} | 13960,12 ^{ns} | 13,504 ^{ns} | 32,270 ^{ns} | 0,009 ^{ns} | 0,0107 ^{ns} |
| Prof. x Sombra | 9 | 19934,98 ^{ns} | 14556,85 ^{ns} | 23,077 ^{ns} | 17,606 ^{ns} | 0,003 ^{ns} | 0,0100 ^{ns} |
| Prof. x Recip x Sombra | 9 | 37980,02 ^{ns} | 4922,28 ^{ns} | 60,121 ^{ns} | 6,867 ^{ns} | 0,003 ^{ns} | 0,0142 ^{ns} |
| Resíduo | 48 | 23980,48 | 9062,537 | 31,22042 | 13,34174 | 0,00424009 | 0,009551 |
| Média Geral | - | 254,27 | 192,08 | 10,96 | 7,86 | 0,485 | 0,536 |
| CV (%) | - | 60,90 | 49,56 | 50,99 | 46,45 | 13,44 | 18,24 |

ns- não significativo; ** e *significativo pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

Ao se avaliar a influência dos níveis de sombreamento e recipientes utilizados na formação das mudas no desenvolvimento das raízes do cafeeiro conilon, a área superficial e o comprimento não sofreram efeito significativo dessas variáveis (Figura 5). Foram observadas diferenças estatísticas entre os recipientes apenas para o diâmetro de plantas irrigadas, nos níveis de 0% e 75% (Figura 5E). A curva de crescimento para tubetes foi de efeito linear, enquanto que para sacolas nenhum modelo foi ajustado na estimativa do crescimento de raízes, sendo representado pela média (Figuras 5G e 5H). O mesmo ocorreu para área superficial e comprimento de raízes, em plantas irrigadas e de sequeiro (Figura 5A a 5D).

No estudo realizado na produção de mudas clonais do cafeeiro conilon, Rena (1998) observou raízes mal formadas e raquíticas em mudas mantidas por longos períodos em tubetes de 50 mL, razão pela qual o seu uso é pouco difundido e recomendado pelos extensionistas capixabas. Segundo Amaral et al. (2007), a formação de mudas inicialmente em tubetes (50 mL), por um período inferior a sessenta dias, não afeta o crescimento vegetativo tampouco a produtividade do cafeeiro conilon. Assim, fica evidenciado que nas condições desse estudo, em geral, o tipo de recipiente e nível de sombreamento não influenciaram o desenvolvimento de raízes do cafeeiro conilon, em ambos os manejos.



Médias segidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Figura 5. Área superficial, comprimento e diâmetro de raízes de plantas do cafeeiro conilon sob manejo irrigado e de sequeiro, oriundas de mudas formadas em tubetes e sacolas nos diferentes níveis de sombreamento

Na análise do sistema radicular do cafeeiro conilon em profundidade, não houve diferenças significativas entre os recipientes e nenhum modelo matemático foi ajustado para expressar o crescimento de raízes em área superficial e comprimento. O total de raízes finas de plantas irrigadas supera os valores obtidos em plantas de sequeiro, em 32,4% para área superficial e de 39,4% para o comprimento (Figuras 6A e 6B). Quanto ao diâmetro, plantas de sequeiro apresentaram valores médios mais elevados (Figura 6C). Esses resultados estão em concordância com Camargo (1985), que em seu estudo verificou que o desenvolvimento do sistema radicular do cafeeiro é prejudicado pela escassez de água no solo. Para Soares et al. (2007), o teor e a localização da água do solo, podem alterar o plano geral do desenvolvimento radicular, bem como a idade da planta, a carga de frutos, a densidade de plantio, o clima, as pragas e as doenças, a poda, os métodos de cultivos, o tipo e a fertilidade do solo.

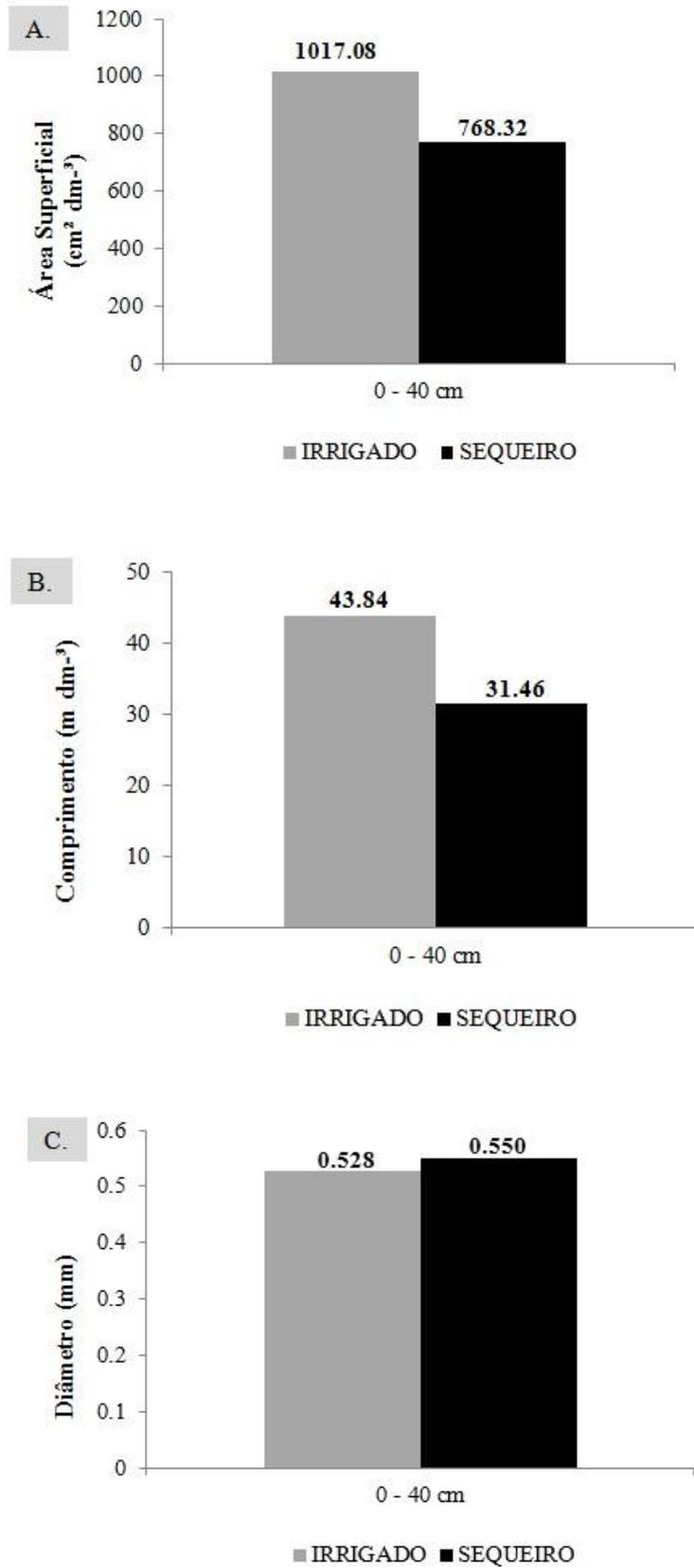


Figura 6. Total de área superficial e comprimento, diâmetro médio de raízes finas de plantas do cafeeiro conilon irrigadas e de sequeiro, no perfil de 0 a 40 cm de profundidade

As raízes de plantas irrigadas apresentaram-se melhor distribuídas no perfil de 0-40 cm, uma vez que aproximadamente 47% foram encontradas de 0–10 cm, mais de 65% de 0–20 cm e cerca de 35% de 20-40 cm de profundidade (Tabela 4). Em plantas de sequeiro, cerca de 51% das raízes foram observadas na camada de 0-10 cm, mais de 70% na camada de 0-20 cm e apenas 30% na camada de 20-40 cm de profundidade. A redução no crescimento em profundidade, observada de forma mais elevada em plantas de sequeiro, pode estar associada ao aumento da densidade do solo, como também, com a diminuição da fertilidade na camada de 20-40 cm (Tabela 1). De acordo com Santinato et al. (2008), o sistema radicular do cafeeiro, notadamente as radículas, é prejudicado quando a densidade do solo apresenta valores acima de $1,5 \text{ g cm}^{-3}$. Entretanto, além do impedimento físico, camadas subsuperficiais com teores tóxicos de alumínio (Al^{3+}), também podem reduzir o aprofundamento do sistema radicular do café conilon. Com isso, é muito possível que seu sistema radicular seja bem superficial em diversas regiões onde é cultivado (Garçoni & Prezotti, 2009).

Tabela 4. Porcentagem média de raízes de plantas do cafeeiro conilon irrigadas e de sequeiro, para área superficial e comprimento, em quatro profundidades

| Profundidade (cm) | Área Superficial (%) | | Comprimento (%) | |
|-------------------|----------------------|----------|-----------------|----------|
| | Irigado | Sequeiro | Irigado | Sequeiro |
| 0 – 10 | 47,14 | 51,43 | 45,37 | 50,92 |
| 10 - 20 | 18,06 | 19,29 | 20,12 | 19,68 |
| 20 - 30 | 17,55 | 15,74 | 17,65 | 15,22 |
| 30 - 40 | 17,25 | 13,54 | 16,86 | 14,18 |
| Total (0 – 20) | 65,20 | 70,72 | 65,49 | 70,60 |
| Total (20 – 40) | 34,80 | 29,28 | 34,51 | 29,40 |

CONCLUSÕES

1. O período de crescimento vegetativo ativo das plantas coincidiu com temperaturas médias entre $22,5$ e $26,2$ °C e período de maior precipitação. Abaixo de $20,3$ °C e acima de $31,5$ °C o crescimento de ramos diminuiu, em ambos os manejos.
2. As plantas irrigadas apresentaram maior número nós, de flores vingadas, de frutos por ramo plagiotrópico e por nó, como também, maior produção por planta e rendimento.

3. A irrigação promoveu melhor distribuição do sistema radicular no perfil do solo, com maior concentração das raízes na camada de 0-20 cm.
4. O total de raízes finas de plantas irrigadas foi superior ao de plantas de sequeiro.
5. Os níveis de sombreamento usados na formação das mudas somente influenciaram o diâmetro de raízes de plantas irrigadas.
6. O tipo de recipiente usado na formação das mudas não influenciou o crescimento de ramos e desenvolvimento de raízes do cafeeiro conilon e sim o sistema de manejo das plantas.

LITERATURA CITADA

- Amaral, J. A. T.; Lopes, J. C.; Amaral, J. F. T.; Saraiva, S. H.; Junior, W. C. de J. Crescimento vegetativo e produtividade de cafeeiros Conilon propagados por estacas em tubetes. *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, n.6, p. 1624-1629, 2007.
- Amaral, J. A. T. do; Rena, A. B.; Amaral, J. F. T. do. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, n. 3, p. 377-384, 2006.
- Amaral, J. A. T. do; Damatta, F. M.; Rena, A. B. Effects of fruiting on the growth of arabica coffee trees as related to carbohydrate and nitrogen status and to nitrate reductase activity. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Lavras, v.13, n.1, p.66-74, 2001.
- Camargo, A. P. de. Florescimento e frutificação de café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.20, n.7, p.831-839, 1985.
- Carvalho, A. M. de; Mendes, A. N. G.; Carvalho, G. R.; Botelho, C. E.; Gonçalves, F. M. A.; Ferreira, A. D. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.45, n.3, p.269-275, 2010.
- Carvalho, C. H. M. de; Colombo, A.; Scalco, M. S.; Moraes, A. R. de. Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio. *Ciência e Agrotecnologia*, v.30, p.243-250, 2006.
- Damatta, F. M.; Amaral, J. A. T.; Rena, A. B. Growth periodicity in trees of *Coffea arabica* L. in relation to nitrogen supply and nitrate reductase activity. *Field Crops Research*, Madison, v.60, n.3, p.223-229, 1999.

- Ferrão, R. G.; Fonseca, A. F. A. da; Bragança, S. M.; Ferrão, M. A. G.; De Muner, L. H (eds.). Café conilon. Vitória, ES: Incaper, 2007. 702p.
- França Junior, A. C. Análise de métodos simplificados de estimativa da ETo e da sensibilidade das variáveis do cálculo da lâmina de irrigação para a cultura do café. 2003, 87p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- Freitas, T. A. S.; Barroso, D. G.; Carneiro, J. G. de A.; Penchel Filho, R. M.; Lamonica, K. R.; Ferreira, D. de A. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. *Revista Árvore*, v.29, p.853-861, 2005.
- Gava, G. J. de C.; Silva, M. de A.; Silva, R. C. da; Jeronimo, E. M.; Cruz, J. C. S.; Kölln, Oriel T. Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.3, p.250-255, 2011.
- Gomes, N. M.; Lima, L. A.; Custódio, A. de P. Crescimento vegetativo e produtividade do cafeeiro irrigado no Sul do Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, p.564-570, 2007.
- Guarçoni, A. M. & Prezotti, L. C. Fertilização do café conilon. In: Zambolim, L. (ed). *Tecnologias para produção do café Conilon*. Viçosa: UFV. Cap. 9, p. 249-294, 2009.
- Himmelbauer, M.; Loiskandl, W.; Kastanek, F. Estimation of root morphological characteristics using Images analyses systems. In: WCSS, 17., 2002, Thailand. *Proceedings... Thailand: [s.n.]*, 2002. p. 14-21.
- Jesus, A. M. S.; Carvalho, S. P. de; Soares, A. M. Comparação entre sistemas radiculares de mudas de *Coffea arabica* L. obtidas por estaquia e por sementes. *Coffee Science*, Lavras, v.1, n.1, p.14-20, 2006.
- Jorge, L. A. de C.; Silva, D. J. da C. B.; Rodrigues, A. F. de O. SAFIRA: software para análises de fibras e raízes. Embrapa Instrumentação/MAPA, São Carlos, SP, 2010.
- Libardi, V. C. de M.; Amaral, J. A. T. do, Amaral; J. F. T. do. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro (*Coffea canephora* Pierre var. conilon) no Sul do Estado do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.6, n.1, p.23-28, 1998.
- Mantovani, E. C.; Bernardo, S.; Palaretti, L. F. Irrigação: princípios e métodos. 3. ed. Viçosa: Editora da UFV. 358p. 2009.
- Nazareno, R. B.; Oliveira, C. A. da S.; Sanzonowicz, C.; Sampaio, J. B. R.; Silva, J. C. P. da; Guerra, A. F. Crescimento inicial do cafeeiro Rubi em resposta a doses de nitrogênio, fósforo e potássio e a regimes hídricos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, p.903-910, 2003.
- Partelli, F. L.; Vieira, H. D.; Silva, M. G.; Ramalho, J. C. Seasonal vegetative growth of different age branches of conilon coffee tree. *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 31, n.3, p.619-626, 2010.

- Partelli, F. L.; Vieira, H. D.; Santiago, A. R.; Barroso, D. G. Produção e desenvolvimento radicular de plantas de café 'Conilon' propagadas por sementes e por estacas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.6, p. -954, 2006.
- Pezzopane, J. R. M.; Castro, F. da S.; Pezzopane, J. E. M.; Bonomo, R; Saraiva, G. S. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. *Revista Ciência Agronômica*, v.41, n.3, p.341-348, 2010.
- Rena, A. B.; Damatta, F. M. O sistema radicular do cafeeiro: morfologia e ecofisiologia. In: Zambolim, L. (ed.). *O estado da arte de tecnologias na produção de café*. Viçosa: UFV. Cap. 2. p. 11-92, 2002.
- Rena, A. B.; Guimarães, P. T. G. Sistema radicular do cafeeiro: estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. 80 p. (EPAMIG, Série Documentos, 37).
- Rena, A. B. A água na fisiologia do cafeeiro. In: *Simpósio Estadual do Café*, 3., 1998, Vitória, ES. Anais... Vitória: Cetcaf. p.132-152, 1998.
- Rena, A. B.; Maestri, M. Fisiologia do Cafeeiro. In: Rena, A. B.; Malavolta, E.; Rocha, M.; Yamada, T. (eds.). *Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: PATAFOS, 1986. p. 13-85.
- Ronchi, C. P.; Damatta, F. M. Aspectos fisiológicos do café Conilon In: Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A. da, Bragança, S. M., Ferrão, M. A. G., De Muner, L. H. (eds.). *Café Conilon*. Vitória: Incaper, Cap. 4, p. 95-119, 2007.
- Santinato, R.; Fernandes, A. L. T.; Fernandes, D. R. *Irrigação na cultura do café*. 2 ed. Belo Horizonte: O Lutador, 2008, 476p.
- Silva, V. A.; Antunes, W. C.; Guimarães, B. L. S.; Paiva, R. M. C.; Silva, V. de F.; Ferrão, M. A. G.; Damatta, F. M.; loureiro, M. E. Resposta fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.45, n.5, p.457-464, 2010.
- Silveira, J. S. M. Irrigação em café: café conilon irrigado no Espírito Santo. In: *Simpósio Estadual de Café*, 2, 1996, Vitória, ES. Anais... Vitória: Cetcaf, p. 66-83, 1996.
- Soares, A. R.; Mantovani, E C.; Soares, A. A.; Batista, R. O.; Coelho, M. B.; Rena, A. B. Produção e distribuição de raízes em cafeeiros irrigados por gotejamento. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, MG, v. 15, n. 2, p.130-140, 2007.
- 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: UFV, DEA. p. 87-91, 2003.
- Vilella, W. M. da C.; Faria, M. A. de. Crescimento de cafeeiros submetidos a cinco lâminas de irrigação e três parcelamentos de adubação. *Revista Irriga*, v.8, p.168-177, 2003.

3.3 RENDIMENTO, QUALIDADE E CONSUMO DE ÁGUA DO CAFEIEIRO CONILON SOB MANEJO IRRIGADO E DE SEQUEIRO

(Preparo de acordo com as normas da Revista Ciência Agronômica)

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar e comparar o rendimento, a qualidade e o consumo de água do cafeeiro conilon irrigado e de sequeiro, oriundo de mudas formadas em diferentes recipientes e níveis de sombreamento. O experimento foi desenvolvido no IFES, Campus de Alegre-ES, no período de dezembro de 2007 a abril de 2012, totalizando-se quatro colheitas. Em plantas irrigadas, os valores somados de produtividade nos quatro anos safra foi 162% superior ao de plantas de sequeiro. Na avaliação das três colheitas, os índices de rendimento médios de plantas irrigadas foram de 4,5 kg de café da roça/ kg de café beneficiado; 1,9 kg de café coco/kg de café beneficiado e 5,6 balaios de 80 L sc⁻¹ e em plantas de sequeiro, de 8,2 kg de café da roça/ kg de café beneficiado; 3,1 kg de café coco/ kg de café beneficiado e 12 balaios de 80 L sc⁻¹. A qualidade dos grãos do cafeeiro conilon obtidos em plantas irrigadas foi superior ao de plantas de sequeiro. Do plantio aos 52 meses de idade, o consumo médio de água em plantas irrigadas foi de 7,9 m³ e em sequeiro de 5,0 m³. A relação entre o consumo de água/kg de café beneficiado foi de 8,8

m³ e 30,3 m³, em plantas irrigadas e de sequeiro, respectivamente. Não houve influência do tipo de recipiente e níveis de sombreamento na produtividade, rendimento e qualidade do cafeeiro conilon.

Palavras-chave: *Coffea canephora*. Irrigação. Produtividade. Crescimento.

YIELD, QUALITY AND WATER CONSUMPTION OF CONILON COFFEE UNDER
IRRIGATED AND DRY MANAGEMENT

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate and compare the yield, quality and water consumption of conilon coffee under irrigated and rainfed management, native seedlings grown in different containers and shading. The experiment was conducted at Ifes, Campus Alegre-ES, from December 2007 to April 2012, amounting to four harvests. In irrigated plants, the summed value of crop productivity in the four years was 162% higher than in non-irrigated plants. In evaluating the three crops, the average output indexes of irrigated plants were 4.5 kg of fresh coffee fruits / processed, 1.9 kg of dried cherry coffee / processed and 5.6 baskets of L of 80-sc⁻¹ and in rainfed plants, 8.2 kg of fresh coffee fruits / processed, 3.1 kg of dried cherry coffee / processed and 12 baskets of 80-L⁻¹ sc. The quality of the conilon coffee beans obtained in irrigated plants was higher than in non-irrigated plants. Planting at 52 months of age, the average water consumption in irrigated plants was 7.9 m³ and 5.0 m³ of rainfed. The relationship between the consumption of water / kg of processed coffee was 8.8 m³ and 30.3 m³ in irrigated and rainfed, respectively. There was no influence of the type of container and shading levels on productivity, yield and quality of conilon coffee.

Key words: *Coffea canephora*. Irrigation. Productivity. Growth.

Introdução

O café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froenher) é a espécie de café mais plantada no Estado do Espírito Santo, que apresenta um parque cafeeiro de 657 milhões de pés inseridos em 300 mil hectares, cuja produtividade média é de 30,33 sacas beneficiadas de 60 kg ha⁻¹. A produção estadual de 8,5 milhões de sacas em 2011 correspondeu a 75% do café conilon brasileiro e 17% do café robusta do mundo (CONAB, 2012).

Atualmente, no Estado do Espírito Santo, cerca de 50% das lavouras de café conilon em produção são irrigadas, o que corresponde a 140 mil hectares, com respostas muito favoráveis à prática de irrigação. Ademais, devido à característica heterogênea do regime pluviométrico, associado às diferentes demandas hídricas do cafeeiro, Silva e Reis (2007) constataram que em praticamente toda a região capixaba produtora do café conilon, existe uma limitação de produtividade devido ao déficit hídrico, podendo, nesses casos, ser necessário o uso da irrigação.

Uma boa estratégia de manejo da irrigação é fundamental para economizar água sem, no entanto, por em risco o rendimento das culturas (JALOTA et al., 2006). Torna-se evidente a necessidade de realizar estudos que possibilitem definir o consumo de água do cafeeiro nas diferentes fases fenológicas, visando a melhorar o manejo da irrigação (SILVA et al., 2008; SILVA et al., 2011). Notadamente dois estádios reprodutivos do café podem ser prejudicados com a ocorrência de estiagens: a floração e a granação dos frutos (DAMATTA et al., 2007).

Assim, a irrigação tem sido utilizada com o propósito de estimular o desenvolvimento vegetativo do cafeeiro, aumentar a produção pela eliminação do risco da deficiência hídrica nas fases críticas da cultura e obter grãos e bebida de melhor qualidade (SILVA et al., 2011). Entretanto, estudos que associem irrigação com a qualidade do café, ainda são escassos. A presença da água fornecida pela irrigação não só garante a formação, granação e enchimento dos grãos, evitando o aparecimento de grãos chochos e mal

granados, como também modifica o microclima. Isso favorece o surgimento de doenças como ferrugem e pragas como a broca do café, que também influenciam na qualidade final para a classificação do café beneficiado grão cru (REZENDE et al., 2010). O tamanho do fruto também é fortemente influenciado pelas condições hídricas da planta, visto que em condições adequadas de umidade ocorre a maior expansão dos frutos, que traduz em seu maior tamanho e melhor tipo (REZENDE et al., 2006).

Na Instrução Normativa Nº 8 (BRASIL, 2003), o café é classificado pela retenção em peneiras com base no tamanho e forma dos grãos (chato e moca), e quanto ao número de defeitos intrínsecos (relacionados aos tratamentos culturais, processos de colheitas e pós-colheita) e extrínsecos (relacionados à regulação de máquinas utilizadas no beneficiamento do grão). Desse modo, a qualidade final do café beneficiado grão cru depende de fatores que antecedem em muito a fase de beneficiamento, tais como, condições climáticas antes, durante e após a colheita, adubação, tratos culturais e fitossanitários, maturação, secagem e beneficiamento. Até mesmo após o beneficiamento, o grão pode ter perda da qualidade em função das condições de armazenamento. Contudo, além da produção e qualidade, é necessário avaliar o rendimento da lavoura, ou seja, quantidade de café da roça necessária para fazer uma saca de 60 kg de café beneficiado (LIMA et al., 2008), que associado à qualidade física e qualidade da bebida irão determinar o valor comercial final do produto.

Ante ao exposto, objetivou-se avaliar e comparar o rendimento, a qualidade e o consumo de água do cafeeiro conilon sob manejo irrigado e de sequeiro, oriundos de mudas formadas em diferentes recipientes e níveis de sombreamento.

Material e métodos

O experimento foi desenvolvido no IFES (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo), Campus de Alegre-ES, Fazenda Caixa D'Água, distrito de

Rive, localizado na latitude de 20° 25' 51,61" S e longitude de 41° 27' 24,51" W, altitude de 136,82 m e precipitação média anual de 1.250 mm. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Awa, com temperatura média anual de 26°C. A espécie vegetal utilizada foi a *Coffea canephora* Pierre, variedade Robusta Tropical (Emcaper 8151), de propagação por sementes.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, distribuído em esquema de parcelas subdivididas 2 x 2 x 4, alocado nas parcelas o manejo em dois níveis (irrigado e sequeiro), nas subparcelas o recipiente usado na formação das mudas também em dois níveis (tubete e sacola) e nas subdivididas o sombreamento usado na formação das mudas em quatro níveis (0%, 30%, 50% e 75%), utilizando-se três repetições. A parcela experimental foi constituída por três plantas.

O plantio das mudas formadas em tubetes (120 mL) e sacolas (770 mL) preenchidas com substrato padrão e em diferentes níveis de sombreamento, ocorreu em dezembro de 2007, adotando-se o espaçamento de 3,0 x 1,1 m, em um solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), de textura argilo arenosa. A aplicação de corretivos e de adubos químicos foi realizada com base na análise química do solo, conforme o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Espírito Santo: 5ª aproximação (PREZOTTI et. al., 2007). Os tratos culturais e fitossanitários foram realizados conforme a necessidade da cultura, seguindo as atuais recomendações para o café conilon (FERRÃO et al., 2007).

O sistema de irrigação implantado na parcela irrigada é do tipo aspersão convencional constituído por duas linhas laterais, apresentando cada uma dois aspersores setoriais, espaçados em 18m entre si, com vazão de 2,17 m³ h⁻¹, sendo o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) de 81%, lâmina média de 13,68 mm e manejo da irrigação via solo. A umidade do solo foi determinada pelo método direto (Mantovani et al., 2009), a partir de amostras coletadas na projeção da copa com peso mínimo de 40g, em

seis repetições, sendo submetidas a secagem em forno elétrico à temperatura entre 180° a 200 °C. A lâmina de irrigação (Li) necessária para elevar o teor de umidade do solo (Ua) à capacidade de campo (23,8%) foi calculada de acordo com Sousa et al. (2003), pela equação:

$$Li = [(CC - Ua)/10] \times Ds \times Z$$

Em que:

Li = Lâmina de irrigação (IRN), em mm

CC = umidade na capacidade de campo, % em peso

Ua = umidade atual do solo, % em peso

Ds = densidade do solo, em g cm⁻³ (0-20 cm= 1,73; 20-40 cm= 1,63; 0-35 cm=1,68 g cm⁻³)

Z = profundidade do sistema radicular, em cm (Z= 20 cm no primeiro ano; Z= 25 cm de 1,0 a 2,0 anos; Z= 30 cm de 2,0 a 2,5 anos; Z= 35 cm a partir de 2,5 anos).

A precipitação foi obtida por meio de um pluviômetro instalado na área experimental, em medidas diárias realizadas às 9 horas. A precipitação efetiva foi determinada pela diferença entre a capacidade total de água no solo (CTA) e precipitação observada no intervalo das irrigações. O consumo de água foi calculado pela contabilização das lâminas de irrigação e precipitação efetiva de cada mês, correspondentes aos seguintes períodos avaliativos: do plantio até a 1ª colheita- “panha” (12/2007 a 04/2009- de 0 a 17 meses), 2ª colheita (05/2009 a 04/2010- de 18 a 28 meses), 3ª colheita (05/2010 a 05/2011- de 29 a 40 meses), 4ª colheita (06/2011 a 05/2012- de 41 a 52 meses).

A colheita foi realizada adotando-se o critério de no mínimo 50% de frutos maduros, não seletiva, derricha manual em peneira, processamento pós-colheita por via seca sem lavagem dos frutos e secagem total em terreiro. A avaliação da produção foi realizada pela pesagem dos frutos colhidos em cada planta, obtendo-se a quantidade de café da roça (CR pl^{-1}). Do total colhido na parcela experimental, foi retirada uma amostra de 2 kg, que foi submetida à secagem em terreiro suspenso (café em coco- CC). Posteriormente, a amostra de café em coco foi beneficiada e pesada, transformando-se os dados obtidos em kg de café beneficiado por planta (CB pl^{-1}), sendo ajustados em sacas beneficiadas de 60 kg ha^{-1} . Após o beneficiamento, o teor de umidade médio dos grãos foi de $\pm 12,0\%$, medidos a partir de determinador de umidade de grãos GEHAGA G 600, versão 7.3.

O rendimento foi estabelecido pela relação entre kg de CR por kg de CB; litros de CR por kg de CB; kg de café em CC por kg de CB (rendimento de pila) e quebra (Nº de balaios de 80 L por sc^{-1} de 60 kg de CB). O peso de mil grãos foi determinado conforme estabelecido pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A classificação por peneira foi obtida a partir de 300g de amostra, segundo as dimensões dos crivos, sendo numeradas de 10, 11 e 12 para Grãos Moca e 13, 15 e 17 para Grãos Chato, em que foram determinados os percentuais de grãos retidos nas respectivas peneiras, fundagem e grãos moça. Já classificação por tipo foi realizada somando-se os números de defeitos encontrados em 100g de amostra, conforme a Tabela Oficial Brasileira de Classificação e por catação, de acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Cru (BRASIL, 2003).

Na análise estatística dos dados experimentais, as médias foram comparadas pelo teste F (ANOVA) e de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do aplicativo computacional SAEG 9.1 (2007).

Resultados e discussão

Pela Figura 1, observou-se que as precipitações mensais nos anos agrícolas de 2008 a 2012 quando totalizadas, situaram-se acima de 1.250 mm, valor da média anual das normais climatológicas de 1976 a 2011 (INCAPER, 2012). O período mais chuvoso ocorre nos meses de outubro a abril e o período seco, de maio a setembro. A média mensal de precipitação nos meses de janeiro e fevereiro é a mais baixa do período chuvoso, em que estiagens severas poderão acarretar prejuízos no rendimento do cafeeiro, visto que corresponde à fase de granação dos frutos (CAMARGO; CAMARGO, 2001).

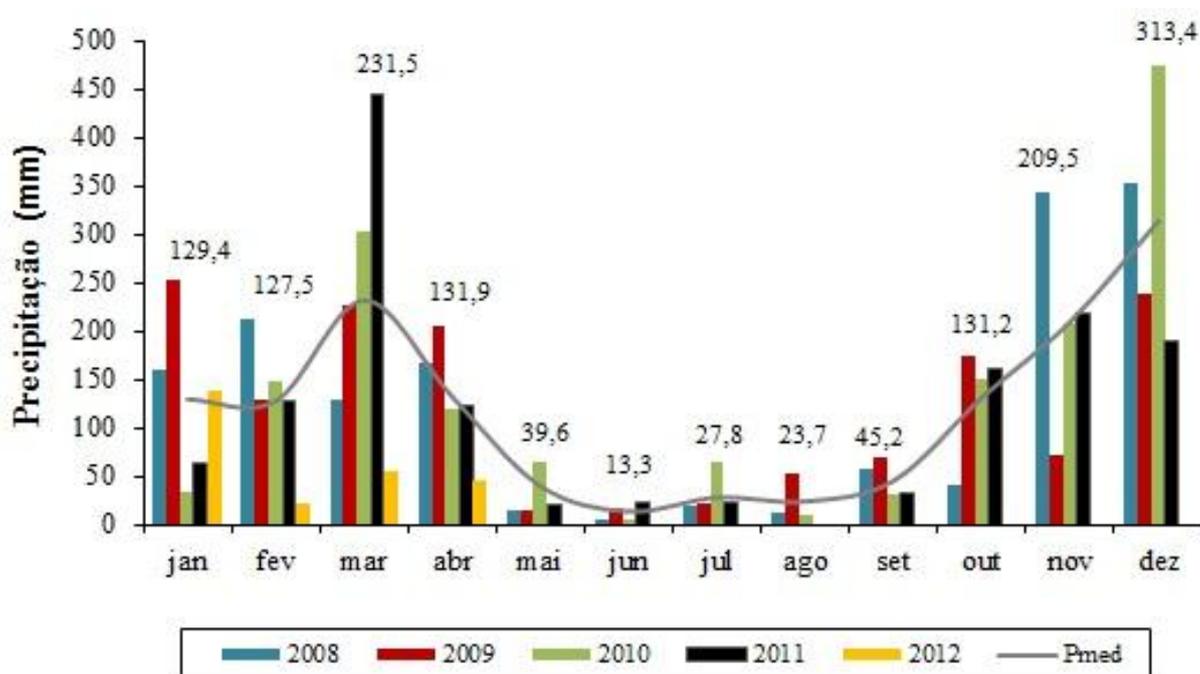


Figura 1 – Precipitação média mensal no período de 2008 a 2012, Alegre-ES

A análise de variância dos dados de produção de café beneficiado por planta, mostrou que não houve interação entre os fatores, devendo-se proceder o estudo de forma isolada, conforme apresentado na Tabela 1. No entanto, verificou-se efeito significativo para o fator manejo nos anos safra 2010 e 2011. Com isso, pode-se afirmar que os recipientes e níveis de sombreamento usados na formação das mudas, não influenciaram a produção de café beneficiado e, conseqüentemente, a produtividade nos anos safra de

2010/2011/2012 e sim o sistema de cultivo das plantas. Contudo, chama atenção os altos valores dos coeficientes de variação da variável estudada, com magnitudes de 33 a 47%. Valores altos de coeficiente de variação também foram verificados por Bonomo et al. (2004) em experimento com clones de café, com magnitudes entre 20 e 40%. De acordo com Ferrão et al. (2008), os coeficientes de variação mais elevados podem estar associados a causas como longo ciclo da cultura, grande tamanho dos experimentos, respostas diferenciadas dos genótipos aos estresses de altas temperaturas e seca, e respostas diferenciadas dos materiais à incidência de pragas e doenças, a ventos e podas.

Tabela 1- Síntese da análise de variância e teste de médias para a variável de produção do cafeeiro conilon em kg de café beneficiado por planta, nos anos safra de 2010, 2011 e 2012

| Tratamentos | 2010 | 2011 | 2012 |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|
| Manejo ¹ | 486,07** | 46,39** | 3,7 ^{ns} |
| Irigado | 0,62 A | 1,52 A | 0,73 A |
| Sequeiro | 0,07 B | 0,19 B | 0,84 A |
| Recipiente ¹ | 0,36 ^{ns} | 2,23 ^{ns} | 0,01 ^{ns} |
| Tubete | 0,28 A | 0,79 A | 0,77 A |
| Sacola | 0,29 A | 0,92 A | 0,80 A |
| Recipiente x Manejo ¹ | 0,71 ^{ns} | 0,11 ^{ns} | 1,17 ^{ns} |
| Sombra ¹ | 0,86 ^{ns} | 0,49 ^{ns} | 0,59 ^{ns} |
| 0% | 0,25 A | 0,82 A | 0,78 A |
| 30% | 0,31 A | 0,84 A | 0,86 A |
| 50% | 0,28 A | 0,94 A | 0,67 A |
| 75% | 0,32 A | 0,83 A | 0,84 A |
| Sombra x Manejo ¹ | 0,53 ^{ns} | 1,70 ^{ns} | 1,11 ^{ns} |
| Sombra x Recipiente ¹ | 1,09 ^{ns} | 0,41 ^{ns} | 2,10 ^{ns} |
| Sombra x Manejo x Recipiente ¹ | 0,62 ^{ns} | 0,38 ^{ns} | 2,15 ^{ns} |
| CV (%) | 39,45 | 33,85 | 47,08 |

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} – não significativo pelo teste F; Valores acompanhados da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

¹ Quadrado Médio.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados de produtividade das plantas do cafeeiro conilon irrigadas e de sequeiro, estimadas a partir da produção de café beneficiado por planta (Tabela 1). Aos 17 meses, se deu a colheita denominada de “panha”, apenas em plantas irrigadas, já que a produção em sequeiro foi insignificante e, portanto, não foi possível sua análise, sendo por isso, desconsiderada na avaliação de produtividade,

rendimento e qualidade. Karasawa et al. (2002), também observaram que cafeeiros sem irrigação, não produziram nenhum grão na primeira colheita de plantas irrigadas.

A produtividade de plantas irrigadas foi superior ao de plantas de sequeiro, menos aos 52 meses em que não foram observadas diferenças significativas entre os manejos (Tabela 2). Isso vem de encontro aos resultados obtidos por Sousa et al. (2007), ao verificar que no ano de baixa produtividade, plantas do cafeeiro arábica irrigadas também apresentam produtividade menor que as não irrigadas. Entretanto, em plantas do cafeeiro conilon irrigadas, os valores somados nos quatro anos safra foi 162% superior ao obtido em plantas de sequeiro, o que corresponde a 22,65 sacas beneficiadas de 60 kg ha⁻¹ ano⁻¹ a mais. Com isso, vários autores relatam que a irrigação tem promovido ganhos médios de 20 a 30 sacas ha⁻¹ ano⁻¹, dentre esses, cita-se Gomes et al. (2007), Rezende et al. (2006), Scalco et al. (2011), Silva (2003), Silva et al. (2008).

Tabela 2- Produtividade do café conilon (sacas beneficiadas de 60 kg ha⁻¹), provenientes de plantas irrigadas e de sequeiro, em quatro colheitas (2009 a 2012)

| Manejo | Safras | | | | Total |
|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| | 2008/09 (17 meses) | 2009/10 (28 meses) | 2010/11 (40 meses) | 2011/12 (52 meses) | |
| Irigado | 1,2 | 31,6 A | 76,8 A | 36,9 A | 146,5 |
| Sequeiro | 0,0 | 3,6 B | 9,6 B | 42,7 A | 55,9 |

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% probabilidade

A ocorrência alternada de altas e baixas produções é típica da cafeicultura nacional, sendo atribuída ao esgotamento das reservas das plantas em safra alta, fazendo com que a produção no ano seguinte, seja baixa (MOREIRA, 2003; SANTOS, 2005). Tal fato pode ser observado em plantas irrigadas aos 40 e 52 meses. Da mesma forma, Faria e Siqueira (2005); Silva, Teodoro e Melo (2008), verificaram que a irrigação não reduziu o efeito bienal da produtividade, e que após um ano de safra alta, cafeeiros arábicas irrigados, também apresentaram produtividade menor que o de sequeiro.

A maior produtividade obtida nos tratamentos irrigados, em relação ao de sequeiro se deve, exclusivamente, ao fator água. Desse modo, apesar das precipitações anuais situaram-se na faixa considerada ótima para o cafeeiro, entre 1.200 a 1.800 mm (Figura 1), observou-se veranico típico de janeiro/fevereiro principalmente nos anos safra 2009/10 e 2010/11. Esse período de estiagem coincidiu com a fase fenológica de alta demanda de água para o enchimento dos grãos, o que resultou na redução da produtividade das plantas cultivadas em sequeiro, nesses anos. Isso vem confirmar que na cafeicultura (*Coffea arabica* e *Coffea canephora*), a ocorrência de veranicos em fases fenológicas críticas provoca consideráveis perdas de produtividade e qualidade dos grãos (CAMARGO, 2010; DAMATTA et al., 2007; SILVA et al., 2008).

A produtividade é muito importante, assim como o rendimento dos grãos, uma vez que o baixo rendimento implica na elevação do custo da colheita, secagem e beneficiamento. Na análise das colheitas realizadas aos 28 e 40 meses, os valores de rendimento obtidos em plantas irrigadas também superam aos de sequeiro, assim como aos 52 meses, mesmo não havendo diferenças estatísticas entre as produtividades (Tabela 2).

Em geral, sabe-se que a relação entre o peso dos frutos cereja e peso de café beneficiado do cafeeiro conilon varia de 3,3 a 5,2 kg: 1 kg, dependendo do material genético e aumenta a medida que colhemos o café com maior porcentagem de frutos verdes (FERRÃO et al., 2007). Na Tabela 3, podemos observar que em três colheitas, os índices médios obtidos em plantas irrigadas para a relação entre café da roça/café beneficiado e café em coco/café beneficiado foram de 4,5 e 1,9; e 5,6 balaios de 80 L sc⁻¹ de 60 kg de café beneficiado. Para o ‘Conilon Vitória’ (VITÓRIA INCAPER 8142), o rendimento médio dos 13 clones constituintes da variedade foi de 3,92 para a relação café cereja/café beneficiado e de café coco/beneficiado foi de 1,8 (FERRÃO et al., 2007).

Em plantas de sequeiro, o índice médio obtido também em três colheitas, foi de 8,2 para a relação entre café da roça/café beneficiado; de 3,1 a para conversão de café em

coco/café beneficiado e 12 balaios de 80 L sc⁻¹ de 60 kg de café beneficiado. Lima et al. (2008) também observaram que plantas do cafeeiro arábica não irrigadas requerem maior quantidade de litros de café da roça para compor uma saca de 60 kg de café beneficiado (Tabela 3).

O menor rendimento de plantas sequeiro pode estar associado ao menor peso de mil grãos, cuja média nas três colheitas, foi de 94 g, enquanto que em plantas irrigadas, foi de 108 g. Desse modo, a inadequada distribuição de chuvas e a falta de suplementação de água por irrigação contribuíram para o chochamento dos grãos, além do maior percentual de grãos mal granados, que se constituem em defeito intrínseco, o que deprecia a qualidade do produto e traduz o baixo rendimento em seu beneficiamento.

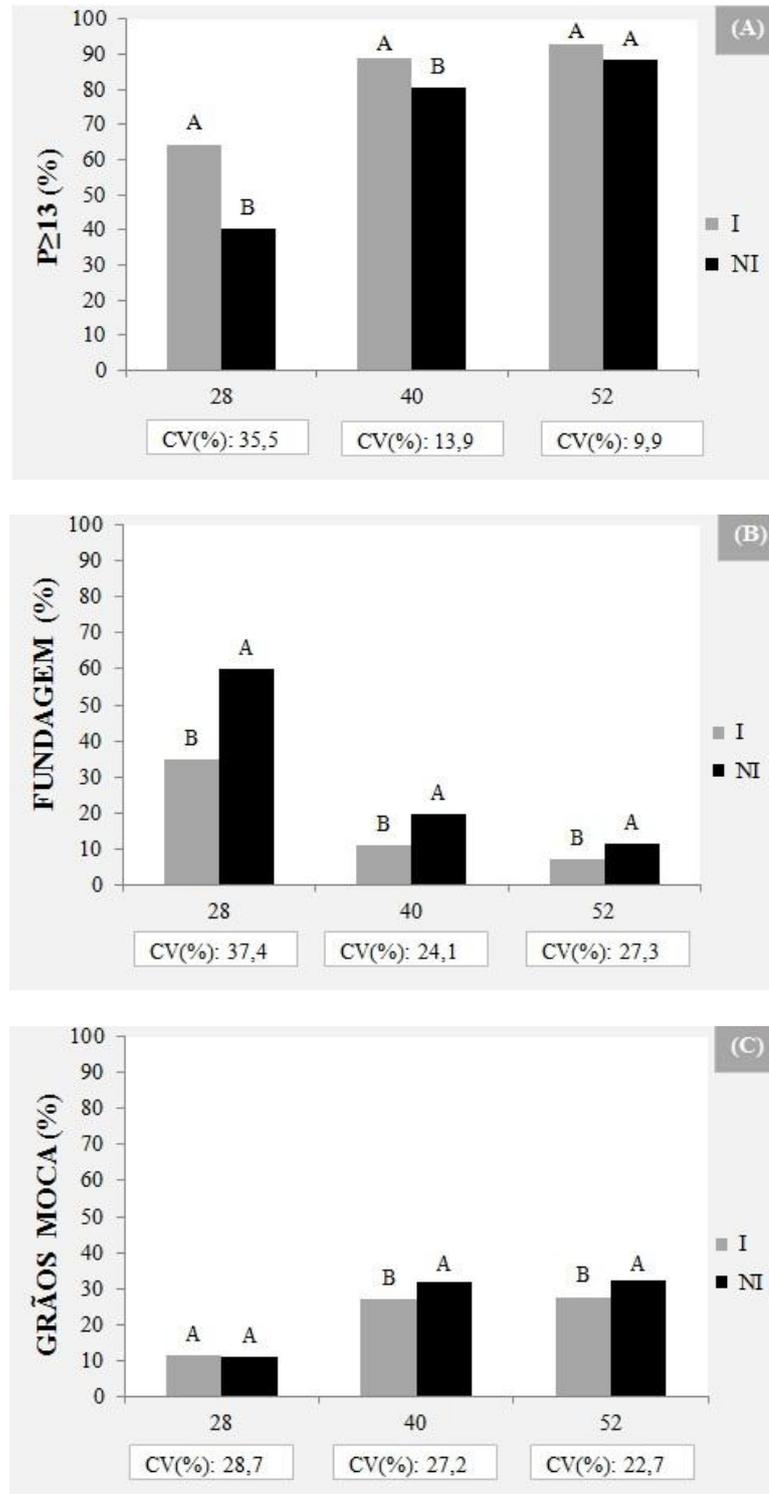
Tabela 3- Rendimento, quebra, peso de mil grãos e percentual de grãos mal granados do cafeeiro conilon sob manejo irrigado e de sequeiro, em três colheitas (2010 a 2012)

| Índices * | Relações | Colheitas | | | | | |
|--------------------|-------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | 28 | | 40 | | 52 | |
| | | I | NI | I | NI | I | NI |
| Rendimento | kgCR : kgCB | 4,48 | 9,14 | 4,39 | 10,84 | 4,52 | 4,70 |
| Rendimento de Pila | kgCC : kgCB | 1,89 | 3,71 | 1,78 | 3,68 | 1,89 | 1,81 |
| Quebra | NB 80L sc ⁻¹ | 5,57 | 13,5 | 5,69 | 16,15 | 5,51 | 6,24 |
| Peso de Mil Grãos | (g) | 85,21 | 66,36 | 116,5 | 96,57 | 122,3 | 119,21 |
| Grãos Mal Granados | (%) | 1,5 | 9,7 | 3,0 | 9,0 | 1,54 | 5,02 |

*Rendimento: kgCR : kgCB- kg de café da roça por kg de café beneficiado (CB); Rendimento de Pila: kgCC : kgCB – kg de café em coco por kg de CB; Quebra: NB 80 L sc⁻¹ – nº de balaios de 80 litros por sc de 60 kg de CB.

Em geral, lavouras irrigadas apresentam maior percentual de grãos retidos em peneira 13 e superiores, em relação ao não irrigado, o que demonstra melhor granação do café nesse manejo (Figura 2A). Os valores obtidos em plantas irrigadas oscilaram entre 65 a 93%, enquanto que em plantas de sequeiro variaram entre 40 e 88%. Segundo Rena e Maestri (2000), isso se deve ao fato de que, o tamanho do grão de café é determinado no período compreendido entre a 10^a e 17^a semanas após a florada, quando o fruto se expande rapidamente, sendo a água a responsável por esse aumento de volume. Assim, o déficit

hídrico comprometeu a granação, em que foram observados elevados percentuais de fundagem em plantas de sequeiro, ou seja, grãos que passam pelo conjunto de peneiras e se depositam no fundo, conforme pode ser observado na Figura 2B.



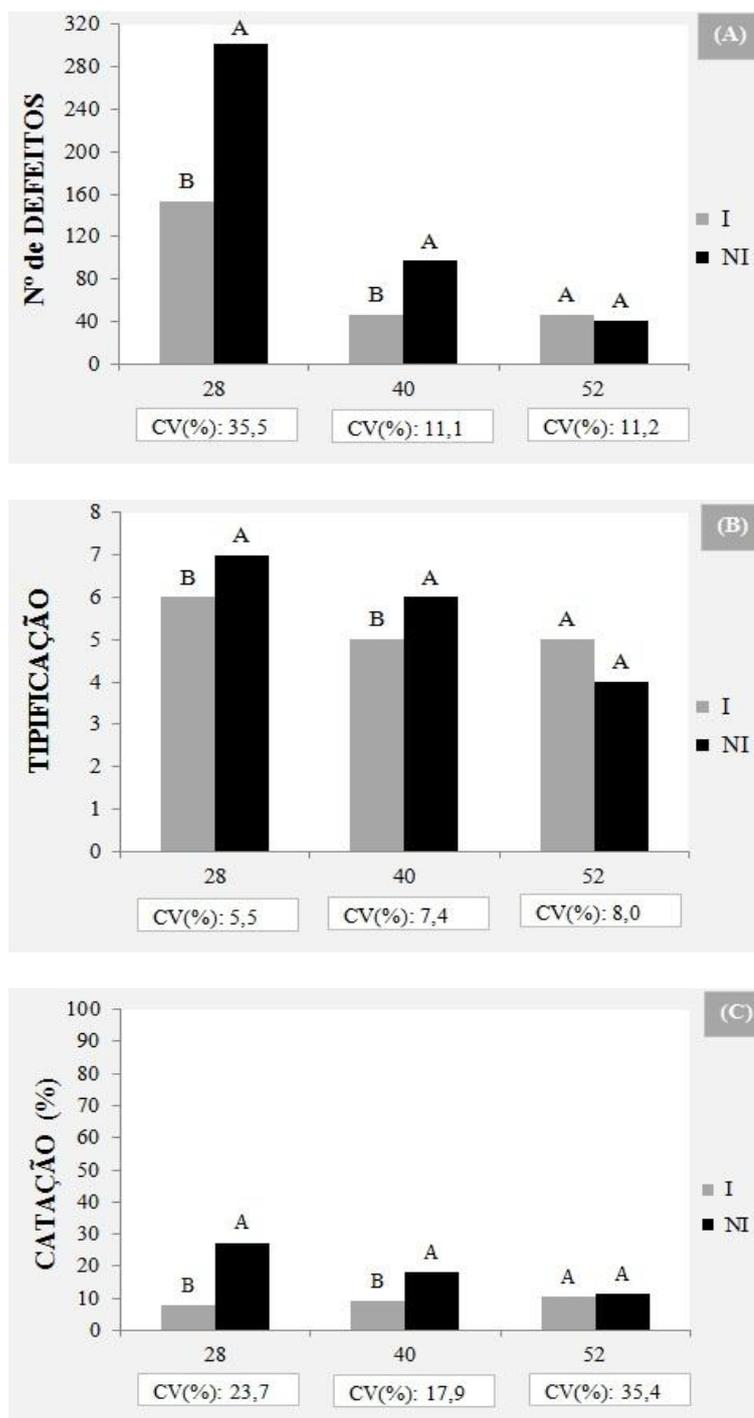
Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% probabilidade.

Figura 2- Retenção em peneira 13 e superiores ($P \geq 13$), fundagem e percentual de grãos moca do cafeeiro conilon sob manejo irrigado e de sequeiro, em três colheitas (2010 a 2012)

De acordo com Rena e Maestri (1985), os grãos do tipo moca, quando comparados àqueles do tipo chato (formato plano-convexo), promovem menor rendimento. Esses grãos apresentam formato arredondado, com origem no desenvolvimento de uma só semente, decorrente de anormalidade genética (endosperma discóide) ou devido a fatores ambientais ou fisiológicos, como seca prolongada e falta de nutrientes (VACARELLI et al., 2003). Têm-se constatado que a espécie *Coffea arabica* possui uniformidade do tamanho das sementes e reduzida quantidade de grãos tipo moca, enquanto que em *Coffea canephora*, ocorre maior variabilidade no tamanho das sementes e quantidade elevada de grãos tipo moca (BOAVENTURA e CRUZ, 1987). Na Figura 2C, nota-se que aos 28 meses, não foram observadas diferenças estatísticas para grãos moca, entre os manejos. Contudo, aos 40 e 52 meses, os valores obtidos em plantas de sequeiro superam aos de plantas irrigadas, como também, encontram-se acima de 21,4%, valor médio obtido na variedade 'Conilon Vitória' (FERRÃO et al., 2007).

Pela Figura 3A e 3B, pode-se notar que aos 28 e 40 meses o maior número de defeitos foi obtido no manejo de sequeiro, tendo sido classificados quanto à equivalência, como tipo 7 e 6, conforme Tabela Oficial Brasileira de Classificação do Café Beneficiado Grão Cru (BRASIL, 2003). A menor equivalência de defeitos no manejo irrigado, em relação ao café de sequeiro, está relacionada à nutrição das plantas favorecida pela umidade do solo, melhor granação e menor proporção de grãos chochos e, conseqüentemente, maior retenção em peneiras 13 e superiores, que por sua vez, favoreceu o beneficiamento das amostras, resultando em menor quantidade de grãos quebrados, marinhos e cascas, dentre outros aspectos. Já aos 52 meses, também não foram observadas diferenças estatísticas entre os manejos, em que verifica-se os mais baixos números de defeitos, sendo classificados como tipo 5 e 4. Desse modo, os bons resultados quanto ao número de defeitos, podem estar associados ao critério estabelecido na colheita (no mínimo 50% de frutos maduros), como também, aos cuidados observados nas etapas

da secagem dos frutos, o que pode ser comprovado no resultado da catação (Figura 3C). No caso, quanto maior a catação, maiores os problemas na qualidade do café. Assim, obteve-se o valor médio de 9,2% na catação do café irrigado e 18,9% no café de sequeiro.



Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% probabilidade.

Figura 3. Classificação por tipo, número de defeitos e catação o cafeeiro conilon sob manejo irrigado e de sequeiro, em três colheitas (2010 a 2012)

Em relação às lâminas de irrigação (Li), a menor lâmina aplicada correspondeu à fase de formação da lavoura (17 meses), devido, principalmente, a elevada precipitação incidente. Já nos períodos produtivos seguintes (18 a 52 meses), observou-se decréscimo nos valores da precipitação efetiva e que as lâminas de irrigação foram crescentes com o desenvolvimento da cultura (Figura 4). Isso vem de encontro com as afirmações de Lena et al. (2011), em que o consumo de água de cafeeiros na fase inicial de desenvolvimento, se deve as variações climáticas, dado a maior exposição do solo e em razão da pequena área foliar. Contudo, verifica-se elevação nas taxas de consumo de água da floração ao início de enchimento de grãos, devido, principalmente, à grande área foliar das plantas.

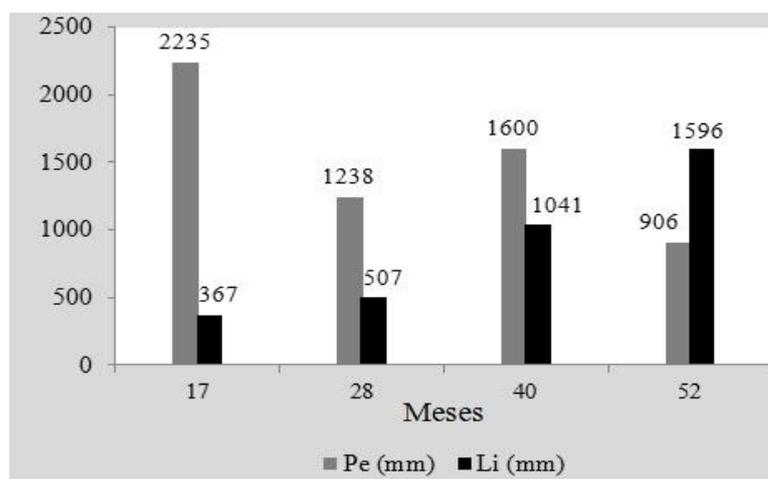
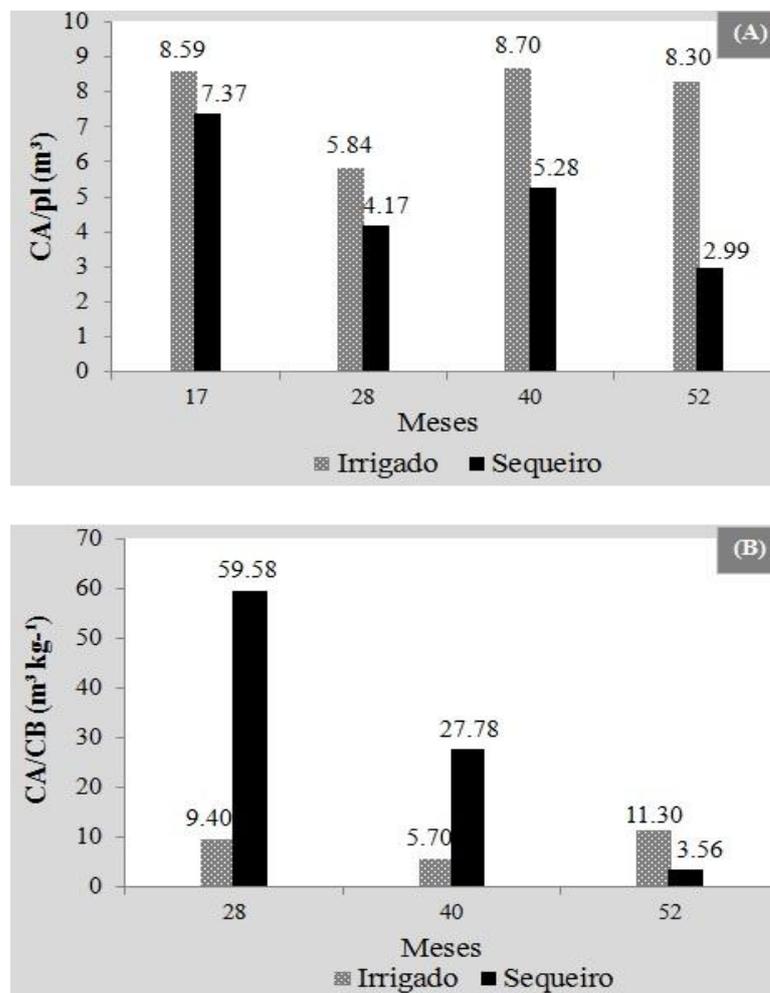


Figura 4. Precipitação efetiva (Pe) e lâminas de irrigação (Li) aplicadas em plantas do cafeeiro conilon irrigadas, nas fases de desenvolvimento

Nas Figuras 5A e 5B, são apresentados os resultados do consumo de água por planta e sua relação com produção de café beneficiado, nas diferentes fases de crescimento e manejos. Verifica-se que o consumo de água de plantas irrigadas foi superior ao de plantas de sequeiro, cujos valores médios corresponderam a 7,9 m³ e 5,0 m³, respectivamente. Contudo, ao relacionar-se esse consumo com a produção de café beneficiado (Figura 5B), o valor médio obtido em plantas irrigadas foi de 8,8 m³ de água kg⁻¹ de café beneficiado, enquanto que em plantas de sequeiro, o valor médio foi de 30,3 m³ de água kg⁻¹ de café beneficiado, ou seja, no manejo irrigado consumo de água por saca de 60 kg de café

beneficiado é 3,44 vezes menor do que o sistema de sequeiro. Entretanto, aos 52 meses, chama atenção os baixos valores de consumo de água de plantas de sequeiro, que alcançaram elevada produtividade mesmo com 906 mm de precipitação. Isso deve ser atribuído a maior eficiência do sistema radicular característico de mudas seminais, como também, em razão do não esgotamento das plantas dado a baixa produtividade no ano safra 2010/11 (40 meses).

Desse modo, depreende-se que o consumo de água pelo cafeeiro conilon está relacionado com a fase do ciclo fenológico, idade das plantas, precipitação incidente, produção e manejo de irrigação (Figura 5).



*17 meses (jan/08 a abril/09); 28 meses (maio/09 a abril/10); 40 meses (maio/10 a abril/11); 52 meses (maio/11 a abril/12)

Figura 5. Consumo de água por planta (CA/pl) e relação entre consumo de água e café beneficiado (CA/CB) do cafeeiro conilon irrigado e de sequeiro, nas diferentes fases de desenvolvimento

Conclusões

1. As plantas do cafeeiro conilon irrigadas apresentaram maior produtividade e rendimento, como também, superior qualidade dos grãos em relação aos obtidos em plantas de sequeiro.
2. O manejo irrigado resultou em maior consumo de água por planta e menor consumo por quilo de café beneficiado.
3. Não houve influência do recipiente e níveis de sombreamento usados na formação das mudas na produtividade, rendimento e qualidade do cafeeiro conilon.

REFERÊNCIAS

- BOAVENTURA, Y. M. S.; CRUZ, N. D. Citogenética do híbrido interespecífico (*Coffea arabica* x *Coffea canephora* Pierre ex Froehner var. Robusta (Liden) Chev.) que originou o café 'Icatu'. **Turrialba**, v.37, p.171-178, 1987.
- BONOMO, D. Z.; BONOMO, R.; PIRES, F. R. Alternativas de manejo de água de irrigação em cultivos de café conilon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 39, 2010, Vitória. **Anais...** Vitória: SEBEA, 2010. 1 CD-ROM.
- BONOMO, P.; CRUZ, C. D.; VIANA, J. M. S.; PEREIRA, A. A.; OLIVEIRA, V. R.; CARNEIRO, P. C. S. Seleção antecipada de progênies de café descendentes de 'Híbrido de Timor' X 'Catuaí Amarelo' e 'Catuaí Vermelho'. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.26, p.91-96, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Peso de mil sementes. In: Regras para análise de sementes. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 2009, cap.12, p.345-347, 2009.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 8**, de 11 de junho de 2003. Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru. Brasília, 2003.

CAMARGO, M. B. P. de. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, 2010 .

CAMARGO, A. P. de; CAMARGO, M. B. P. de. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, V.60, n.01, p.65-68, 2001.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira Café Safra 2011, quarta estimativa, dezembro/2011. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>. Acesso em: jul. 2012.

DAMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, p.485-510, 2007.

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**, v.18, p.55-81, 2006.

FARIA, R. T. de; SIQUEIRA, R. Produtividade do cafeeiro e cultivos intercalares sob diferentes regimes hídricos. **Bragantia**, v.64, p.583- 590, 2005.

FERRÃO, R. G.; CRUZ, C. D.; FERREIRA, A.; CECON, P. R.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. da; CARNEIRO, P. C. de S.; SILVA, M. F. da. Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.1, p.61-69, 2008.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; De MUNER, L. H (Eds). **Café conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. 702p.

GOMES, N. M.; LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. de P. Crescimento vegetativo e produtividade do cafeeiro irrigado no Sul do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p.564-570, 2007.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural. Meteorologia e recursos hídricos: dados médios da série histórica da estação meteorológica localizada no município de Alegre-ES, 1976 a 2011. Disponível em: <<http://www.hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>. Acesso em: jul. 2012.

JALOTA, S. K.; SOOD, A. G. B. S.; CHAHAL, B. U. Crop water productivity of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) – wheat (*Triticum aestivum* L.) system as influenced by deficit irrigation, soil texture and precipitation. **Agricultural Water Management**, v. 84, p. 137-146, 2006.

KARASAWA, S.; FARIA, M. A. de; GUIMARÃES, R. J. Resposta do cafeeiro cv. Topázio MG-1190 submetido a diferentes épocas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.28-34, 2002.

LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. de P.; GOMES, N. M. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeiras safras irrigado por pivô central em Lavras, MG. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1832-1842, 2008.

LENA, B. P.; FLUMIGNAN, D. L.; FARIA, R. T. de. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo de cafeeiros adultos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.8, p.905-911, 2011.

MANTOVANI E. C, BERNARDO S, PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3. ed. Viçosa: Editora da UFV. 358p. 2009.

MOREIRA, C. F. **Caracterização de sistemas de café orgânico sombreado e a pleno sol no Sul de Minas Gerais**. 2003. 78p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2003.

- PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. (ed.). **Manual de recomendações de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª Aproximação**. Vitória, ES. SEEA/INCAPER/CEDAGRO. 305p, 2007.
- RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, v.11, n.126, p. 26-40. 1985.
- REZENDE, F. C.; ARANTES, K. R.; OLIVEIRA, S. dos R.; FARIA, M. A. de. Cafeeiro recepado e irrigado em diferentes épocas: produtividade e qualidade. **Coffee Science**, Lavras, v.5, n.3, p.229-237, 2010.
- REZENDE, F. C.; OLIVEIRA, S. dos R.; FARIA, M. A. de; ARANTES, K. R. Características produtivas do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv., Topázio MG-1190), recepado e irrigado por gotejamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 103-110, 2006.
- SANTOS, M. L. **Espaçamentos para cafeeiro (*Coffea arabica* L.) com e sem irrigação em região de cerrado**. 2005. 44p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira. 2005.
- SCALCO, M. S.; ALVARENGA, L. A.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A.; ASSIS, G. A. Cultivo irrigado e não irrigado do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em plantio superdensado. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 3, p. 193-202, 2011.
- SILVA, A. C. da; LIMA, L. A.; EVANGELISTA, A. W. P.; MARTINS, C. de P. Características produtivas do cafeeiro arábica irrigado por pivô central na região de lavras/MG. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 128-136, 2011.
- SILVA, C. A. da; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. de. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.387-394. 2008.
- SILVA, J. G. F.; REIS, E. F. dos. Irrigação do cafeeiro Conilon. In: Ferrão, R. G.; Fonseca, A. F. A. da; Bragança, S. M.; Ferrão, M. A. G.; De Muner, L. H. (eds.). **Café Conilon**. Vitória: Incaper, Cap. 13, p. 347-373, 2007.

SOBREIRA, F. M.; GUIMARÃES, R. J., COLOMBO, A.; SCALCO, M. S.; CARVALHO, J. G. Adubação nitrogenada e potássica de cafeeiro fertirrigado na fase de formação, em plantio adensado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.1, p.9-16, 2011.

SOUSA, E. F. de; BERNARDO, S.; PINTO, J. F. Efeito da irrigação na produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), cultivar "Catuaí". In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007. Águas de Lindóia, SP. **Anais...** Brasília, D.F. : Embrapa Café, 2007.

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: UFV, DEA. p. 87-91, 2003.

VACARELLI, V. N.; MEDINA FILHO, H. P.; FAZUOLI, L. C. Avaliação de frutos chochos e de sementes do tipo moca no rendimento de híbridos arabustas tetraploides (*Coffea arabica* x *Coffea canephora*). **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v.19, n.3, p-155-165, 2003.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho teve por objetivo avaliar e comparar o crescimento, o rendimento, a qualidade, e o consumo de água do cafeeiro conilon oriundo de mudas produzidas em dois recipientes (sacolas e tubetes) e diferentes níveis de sombreamento (0%, 30%, 50% e 75%) sob manejo irrigado e de sequeiro, como também, avaliar o crescimento e a qualidade das mudas assim produzidas.

A partir dos resultados pode-se concluir que:

- Mudas de café conilon produzidas em tubetes a 30% e 50% de sombreamento e em sacolas a 50% e 75% apresentaram maior crescimento e melhor qualidade.
- O crescimento de mudas a pleno sol foi inferior ao obtido nos níveis de sombreamento.
- Os valores médios dos índices de qualidade de mudas formadas em tubetes e sacolas foram: 3,95 para a relação entre a altura da planta e diâmetro do coleto; de 1,2 para a relação de matéria seca entre a parte aérea e raiz e de 0,57 para o índice de qualidade de Dickson.

- A matéria seca total e o diâmetro do coleto são as variáveis de crescimento com efeito direto em sentido favorável, indicando presença de causa e efeito com o índice de qualidade de Dickson, constituindo-se em principais determinantes da qualidade da muda de café conilon, em ambos recipientes.
- O período de crescimento vegetativo ativo de plantas irrigadas e de sequeiro coincidiu com temperaturas médias entre 22,5 e 26,2 °C e período de maior precipitação. Abaixo de 20,3 °C e acima de 31,5 °C o crescimento de ramos diminuiu, em ambos os manejos.
- Plantas irrigadas apresentaram maior número nós, de flores vingadas, de frutos por ramo plagiotrópico e por nó, como também, maior comprimento e área superficial de raízes finas.
- A irrigação promoveu melhor distribuição do sistema radicular no perfil do solo, com maior concentração das raízes na camada de 0-20 cm.
- Os níveis de sombreamento usados na produção das mudas somente influenciaram o diâmetro de raízes de plantas irrigadas.
- O tipo de recipiente usado na formação das mudas não influenciou o crescimento de ramos e desenvolvimento de raízes do cafeeiro conilon e sim o sistema de manejo das plantas.
- Em plantas irrigadas, os valores somados de produtividade nos quatro anos safra foi 162% superior ao obtido em plantas de sequeiro.
- Na avaliação das três colheitas, os índices de rendimento médios de plantas irrigadas foram de 4,5 kg de café da roça/kg de café beneficiado; 1,9 kg de café coco/kg de café beneficiado e 5,6 balaios de 80 L sc⁻¹ e em plantas de sequeiro, de 8,2 kg de café da roça/kg de café beneficiado; 3,1 kg de café coco/ kg de café beneficiado e 12 balaios de 80 L sc⁻¹.
- A qualidade dos grãos do cafeeiro conilon obtido em plantas irrigadas foi superior ao de plantas de sequeiro.

- Do plantio aos 52 meses, as plantas irrigadas apresentaram maior consumo de água por planta e menor consumo de água por quilo de café beneficiado.
- Não houve influência do tipo de recipiente e níveis de sombreamento na produtividade, rendimento e qualidade do cafeeiro conilon.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, P. E. P. de. (2010) Irrigação. *Informe Agropecuário*, 31 (259): 17-24.
- Alves, M. E. B., Faria, M. A. de, Guimarães, R. J., Muniz, J. A., Silva, E. L. da. (2000) Crescimento do cafeeiro sob diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, 4(2): 219-225.
- Alves, M. E. B. (1999) Respostas do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) a diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação. 94f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- Amaral, J. A. T., Lopes, J. C., Amaral, J. F. T., Saraiva, S. H., Junior, W. C. de J. (2007) Crescimento vegetativo e produtividade de cafeeiros Conilon propagados por estacas em tubetes. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(6):1624-1629.
- Amaral, J. A. T. do, Rena, A. B., Amaral, J. F. T. do. (2006) Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(3): 377-384.
- Amaral, J. A. T. do, DaMatta, F. M., Rena, A. B. (2001) Effects of fruiting on the growth of arabica coffee trees as related to carbohydrate and nitrogen status and to nitrate reductase activity. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 13 (1): 66-74.
- Amaral, J. A. T. (1991) *Crescimento vegetativo e estacional do cafeeiro e suas inter-relações com fontes de nitrogênio e fotoperíodo, fotossíntese e assimilação de nitrogênio*. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 139p.
- Ascanio, E. C. E. (1994) *Biología del café*. Caracas: Universidad Central de Venezuela, 308 p.

- Barros, R. S., Mota, J. W. S., DaMatta, F. M., Maestri, M. (1997) Decline of vegetative growth in *Coffea arabica* L. in relation to leaf temperature, water potential and stomatal conductance. *Field Crops Research*, Warwick, 54(1): 65-72.
- Barros, R. S., Maestri, M., Vieira, M., Braga, L. J. (1973) Determinação da área das folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. Bourbon Amarelo). *Revista Ceres*, 20(107): 44-52.
- Berthaud, J. (1985) Propositions pour une nouvelle stratégie d'amélioration des caféiers de l'espèce *C. canephora*, basée sur les résultats de l'analyse des populations silvestres. In: *11th Int Colloquium on Coffee ASIC*, Lomé (Togo), ASIC, Paris, France. p. 445-452.
- Binotto, A. F. (2007) *Relação entre variáveis de crescimento e o índice de qualidade de dickson em mudas de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maid e Pinus elliottii var. elliottii – Engelm.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Santa Maria – RS, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, 56 p.
- Boaventura, Y. M. S., Cruz, N. D. (1987) Citogenética do híbrido interespecífico (*Coffea arabica* x *Coffea canephora* Pierre ex Froenher var. Robusta (Liden) Chev.) que originou o café 'Icatu'. *Turrialba*, 37: 171-178.
- Bragança, S. M., Prezottl, L. C.; Lani, J. A. (2007) Nutrição do cafeeiro. In: Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A. da, Bragança, S. M., Ferrão, M. A. G., De Muner, L. H. (eds.). *Café Conilon*. Vitória: Incaper, Cap. 11, p. 299-327.
- Bragança, S. M., Fonseca, A. F. A., Silveira, J. S. M., Ferrão, R. G., Carvalho, C. H. S. (1993) *EMCAPA 8111, EMCAPA 8121, EMCAPA 8131*: Primeiras variedades clonais de café conilon lançadas para o Espírito Santo. Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária – Emcapa. Vitória-ES. 2p. (Emcapa. Documento, 68).
- Brasil. (2003) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru. *Instrução Normativa Nº8, de 11 de junho de 2003*. 11 p.
- Braun, H., Zonta, J. H., Lima, J. S. de S., Reis, E. F. (2007) Produção de Mudas de café conilon propagadas vegetativamente em diferentes níveis de sombreamento. *Idesia*, Chile, 25 (3): 85-91.
- Brum, V. J. (2007) *Café conilon em sombreamento com pupunheira*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Alegre-ES - Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 149 p.
- Carvalho, V. D., Chagas, S. J. R., Souza, S. M. C. (1997) Fatores que afetam a qualidade do café. *Informe Agropecuário*, 18(187): 5-20.

- Carvalho, A., Fazuoli, L. C. Café. (1993) *In: Furlani, A. M. C., Viégas, G.P. (org.) O Melhoramento de Plantas no Instituto Agrônomo*. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 29-76.
- Carvalho, C. H. S., Silveira, J. S. M. (1989) Efeito da densidade do solo no crescimento do sistema radicular de mudas de café Conillon (*Coffea canephora*) formadas por estacas. *In: Anais do Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras*, 15, Maringá, PR. Rio de Janeiro: IBC. p.178-180.
- Chaves, A. de S., Paiva, H. N. de. (2004) Influência de diferentes períodos de sombreamento sobre a qualidade de mudas de fedegoso (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn.). *Scientia Forestalis*, 65: 22-29.
- Clemente, F. M. V. T., Faria, M. A., Guimarães, R. J. (2002) Produtividade, rendimento e tamanho do grão do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Topázio MG-1190), sob diferentes épocas de irrigação. *In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada*, 5., Araguari. p. 33-36.
- CONAB (2012) Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira Café Safra 2012, terceira estimativa, setembro/2012. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>. Acesso em: setembro. 2012.
- Coelho, G., Silva, A. M. da, Rezende, F. C., Silva, R. A. da, Custódio, A. A. de P. (2009) Efeito de épocas de irrigação e de parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro "Catuaí". *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 33(1): 67-73.
- DaMatta, F.M., AmaraL, J. A. T. do, Rena, A. B. (1999) Growth periodicity in trees of *Coffea arabica* L. in relation to nitrogen supply and nitrate reductase activity. *Field Crops Research*, 60: 223-229.
- Dickson, A., Leaf, A. L., Hosner, J. F. (1960) Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forest Chronicle*, 36: 10-13.
- Drumond, L. C. D., Fernandes, A. L. T., Santinato, R., Martins, C. A., Sousa, G. F., Oliveira, C. B. Teixeira, M. P. (2006) Avaliação da produtividade e qualidade do cafeeiro cultivado em condições de cerrado e irrigado por diferentes sistemas. *In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada*, 8., Araguari, MG. p. 30-34.
- Fassio, L. H., Silva, A. E. S. da. (2007) *Importância econômica e social do café conilon*. *In: Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A. da, Bragança, S. M., Ferrão, M. A. G., De Muner, L. H. (eds.). Café Conilon*. Vitória: Incaper, Cap. 1, p. 37-49.
- Fazuoli, L. C. (1986) Genética e melhoramento do cafeeiro. *In: Rena, A. B., Malavolta, E., Rocha, M., Yamada, T. (eds.) Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Potafós. p. 87-113.
- Fernandes, A. L. T. Como uniformizar a florada do cafezal com o uso da irrigação. Disponível em: <http://www.cafepoint.com.br/irrigacao.aspx>. Acesso em: ago 2012.

- Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A. da, Ferrão, M. A. G. et al. (2012) *Café conilon: técnicas de produção com variedades melhoradas*. 4. Ed. Vitória, ES: Incaper. (Incaper: Circular Técnica, 03-I). 74p .
- Ferrão, M. A. G., Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A. da, Verdin Filho, A. C., Volpi, P. C., Souza, E. M. R. (2009) Melhoramento do café conilon no Espírito Santo. *In: Zambolim, L. (ed.) Tecnologias para produção do café Conilon*. Viçosa: UFV. Cap. 6., p. 153-173.
- Ferrão, M. A. G., Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A. da, Verdin Filho, A. C., Volpi, P. C. (2007a) Origem, dispersão, taxonomia e diversidade genética de *Coffea canephora* *In: Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A. da, Bragança, S. M., Ferrão, M. A. G., De Muner, L. H. (eds.)*. *Café Conilon*. Vitória: Incaper, Cap. 3, p. 64-91.
- Ferrão, M. A. G., Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A. da, Verdin Filho, A. C., Volpi, P. C. (2007b) Técnicas moleculares e biotecnológicas aplicadas ao café *In: Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A. da, Bragança, S. M., Ferrão, M. A. G., De Muner, L. H. (eds.)*. *Café Conilon*. Vitória: Incaper, Cap. 6, p. 175-201.
- Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A., Ferrão, M. A. G., Bragança, S. M., Verdin Filho, A. C., Volpi, P. C. (2007) Cultivares de café Conilon. *In: Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A. da, Bragança, S. M., Ferrão, M. A. G., De Muner, L. H. (eds.)*. *Café Conilon*. Vitória: Incaper, Cap. 7, p. 205-225.
- Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A. da, Ferrão, M. A. G., Bragança, S. M. (2000) *Emcaper 8151 – Robusta tropical: Primeira variedade melhorada de café conilon propagada por semente para o estado do Espírito Santo*. Empresa Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural – Emcaper. Vitória-ES. 2p. (Emcaper. Documento, 103).
- Ferrão, R. G., Silveira, J. S. M. da., Fonseca, A. F. A. da, Bragança, S. M., Ferrão, M. A. G. (1999) *EMCAPA 8141 – Robustão capixaba: Variedade clonal de café conilon tolerante à seca*. Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária – Emcapa. Vitória-ES. 4p. (Emcapa. Documento, 98).
- Fonseca, A. F. A. da, Ferrão, R. G., Ferrão, M. A. G., Verdin Filho, A. C., Volpi, P. S., Bittencourt. M. L. C. (2007) Jardins clonais, produção de sementes e mudas. *In: Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A. da, Bragança, S. M., Ferrão, M. A. G., De Muner, L. H. (eds.)*. *Café Conilon*. Vitória: Incaper, Cap. 8, p. 229-255.
- Fonseca, A. F. A. da, Ferrão, M. A. G., Ferrão, R. G., Verdin Filho, A. C., Volpi, P. S., Zucateli, F. (2004) *Conilon Vitória – Incaper 8142: Variedade clonal de café Conilon*. Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural – Incaper. Vitória-ES: 24 p. (Incaper, Documento, 127).
- Fonseca, E. P. (2000) Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, *Cedrela fissilis* Veli. e *Aspidosperma polyneuron* Müll Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jabotical, SP, 113 p.

- Fonseca, A. F. A. (1996) Propagação assexuada de *Coffea canephora* no Estado do Espírito Santo. In: Paiva, R. (ed.). Workshop sobre Avanços na Propagação de Plantas Lenhosas. Lavras, MG. Lavras: UFLA, p.31-34.
- Guarçoni, A. M., Prezotti, L. C. (2009) Fertilização do café conilon. In: Zambolim, L. (ed.) Tecnologias para produção do café Conilon. Viçosa: UFV. Cap. 9. p. 249-294.
- Guarçoni, R. C., Fonseca, A. F. A. da, Ferrão, M. A. G., Verdin Filho, A. C., Volpi, P. S., Moreli, A. P. (2007) Rendimento de café conilon “da roça”, “cereja descascado” e “bóia” em função do tipo de secagem. In: Anais do Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 33, Lavras, MG. Rio de Janeiro, RJ: MAPA/PROCAFÉ. p.169.
- Guerra, A. F., Rocha, O. C., Rodrigues, G. C., Sanzonowicz, C. (2007) Manejo da irrigação do cafeeiro, com estresse hídrico controlado, para uniformização da florada. In: Zambolim, L. (ed.) *Boas práticas agrícolas na produção de café*. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia. Cap. 3. p.83-116.
- Guimarães, P. T. G., Andrade Neto, A., Bellini Júnior, O., Adão, W. A., Silva, E. M. (1998) A produção de mudas de cafeeiros em tubetes. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 19(193): 98-109.
- Hunt, G. A. (1990) Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: Target Seedling Symposium, Meeting Of The Western Forest Nursery Associations, General Technichal Report RM-200, 1990, Roseburg. Proceedings... Fort Collins: United States Departament of Agriculture, Forest Service, p. 218-222.
- Johnson, J. D., Cline, M. L. Seedling quality of southern pines. (1991) In: Dureya, M. L.; Dougherty, P. M. (ed.). *Forest regeneration manual*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 143-162.
- Kainuma, R. H., Miglioranza, E., Fonseca, E. P., Montanari, E., Franco, E. (2001) Qualidade de mudas *Coffea arabica* desenvolvidas em diferentes substratos e doses de adubo de liberação lenta. In: Anais do Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2., Vitória, ES, p. 1865-1872.
- Libardi, V. C. de M., Amaral, J. A. T. do, Amaral, J. F. T. do. (1998) Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro (*Coffea canephora* Pierre var. conilon) no Sul do Estado do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, 6(1): 23-28.
- Lima, L. A., Custódio, A. A. de P., Gomes, N. M. (2008) Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeiras safras irrigado por pivô central em Lavras, MG. *Ciência Agrotecnologia*, Lavras, 32(6): 1832-1842.
- Marana, J. P., Miglioranza, E., Fonseca, E. de P., Kainuma, R. H. (2008) Índices de qualidade e crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. *Ciência Rural*, 38(1): 39-45.

- Matiello, J. B., Fernandes, A. L., Santinato, R. (2009) *Facilitando a Irrigação em Cafezais*. PROCAFÉ. 82 p.
- Matiello, E. M., Pereira, M. G., Zonta, E., Mauri, J., Matiello, J. D., Meireles, P. G., Silva, I.R. (2008) Produção de matéria seca, crescimento radicular e absorção de cálcio, fósforo e alumínio por *Coffea canephora* e *Coffea arabica* sob influência da atividade do alumínio em solução. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32 (1): 425-434.
- Mantovani E. C, Bernardo S, Palaretti, L. F. (2009a) *Irrigação: princípios e métodos*. 3. ed. Viçosa: Editora da UFV. 358p.
- Mantovani, E. C., Bonomo, R., Vicente, M. R. (2009b) Irrigação do café. In: Zambolim, L. (ed.), *Tecnologias para produção do café Conilon*. Viçosa: UFV. Cap. 10. p. 295-334.
- Mantovani, E. C., Vicente, M. R., Alves, M. E. B., Bonfim Neto, H. (2007) Irrigação como fator de qualidade do café. In: Zambolim, L. (ed.), *Boas práticas agrícolas na produção de café*. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia. Cap. 4., p.117-166.
- Mantovani, E. C., Soares, A. R., Espindula Neto, D., Moreira, H. M. (2002) Irrigação do cafeeiro na produtividade e qualidade do café. In: Zambolim, L. (ed.) *O estado da arte de tecnologias na produção de café*. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia, Cap. 4, p.137-162.
- Mendes, A. N. G.; Guimarães, R. J. (1998) *Plantio e formação da lavoura cafeeira*. Lavras: UFLA/FAEPE, 42p.
- Melo, B. de. (1999) *Estudos sobre produção de mudas de cafeeiros (Coffea arabica L.) em tubetes*. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Lavras-MG - Universidade Federal de Lavras – UFLA, 119 p.
- Mudrik, A. S., Soares, A. R., Silva, T. C. da, Mantovani, E. C. (2003) Efeitos da irrigação no crescimento e na produtividade de cafeeiros na região de Viçosa-MG. In: Anais do Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil e Workshop Internacional de Café & Saúde, 3., 2003, Porto Seguro. Brasília: Embrapa Café, p. 131.
- Nazareno, R. B., Oliveira, C. A. S., Sanzonowicz, C., Sampaio, J. B. R., Silva, J. C. P., Guerra, A. F. (2003) Crescimento inicial do cafeeiro Rubi em respostas a doses de nitrogênio fósforo e potássio e a regime hídricos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 38(8): 903-910.
- Oliveira, F. G., Figueiredo, F. P. de, Oliveira, P. M. de, Costa, E. L. da. (2010) Irrigação. *Informe Agropecuário*, 31(259): 43-49.
- Oliveira, L. A. M., Faria, M. A., Alvarenga, A. A. (2003) Comportamento da maturação dos frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado em diferentes épocas do ano. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada, 6., Araguari. p. 30-33.

- Oliveira R. P. de, W. B. Scivittaro, Vasconcellos, L. A. B. C. de. (1993) *Avaliação de mudas de maracujazeiro em função do substrato e do tipo de bandeja*. ESALQ/USP, Piracicaba.
- Paiva, L. C., Guimarães, J. R., Souza, C. A. S. (2003) Influência de diferentes níveis de sombreamento sobre o crescimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). *Ciência e Agrotecnologia*, 27(1): 134-140.
- Partelli, F. L., Vieira, H. D., Silva, M. G., Ramalho, J. C. (2010) Seasonal vegetative growth of different age branches of conilon coffee tree. *Ciências Agrárias*, Londrina, 31(3): 619-626.
- Partelli, F. L., Vieira, H. D., Santiago, A. R., Barroso, D. G. (2006) Produção e desenvolvimento radicular de plantas de café 'Conilon' propagadas por sementes e por estacas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(6): 949-954.
- Pezzopane, J. R. M., Castro, F. S. de, Pezzopane, J. E. M., Cecílio, R. A., Ferrari, W. R., Marin, F. R. (2009a) Zoneamento agroclimático do café para o estado do Espírito Santo. In: *Anais do Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 6.*, Vitória, ES. CD-ROM.
- Pezzopane, J. R. M., Castro, F. S. de, Pezzopane, J. E. M., Saraiva, G. S., Bonomo, R. (2009b) Caracterização do atendimento hídrico para o café conilon no estado do Espírito Santo. In: *Anais do Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 6.*, Vitória, ES. CD-ROM.
- Pires, R. C. M., Sakai, E., Arruda, F. B., Follegatti, M. V. (2001) Necessidades hídricas das culturas e manejo da irrigação. In: Miranda, J. H. de, Pires, R. C. M. (eds.). *Irrigação*. Piracicaba: FUNEP. Seção 1, p. 121-194. (Série Engenharia Agrícola, 1).
- Reis, G. G., Reis, M. G. F., Maestri, M., Xavier, A., Oliveira, L. M. (1989) Crescimento de *Eucaiyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. cloeziana* sob diferentes níveis de restrição radicular. *Revista Árvore*, Viçosa, 13(1): 1-18.
- Rena, A. B., Barros, R. S. (2004) Aspectos críticos no estudo da floração do café. In: Zambolim, L. (ed.). *Efeitos da irrigação sobre a qualidade e produtividade do café*. p.149-172.
- Rena, A. B., Damatta, F. M. (2002) O sistema radicular do cafeeiro: morfologia e ecofisiologia. In: Zambolim, L. (ed.). *O estado da arte de tecnologias na produção de café*. Viçosa: UFV. Cap. 2., p. 11-92.
- Rena, A. B., Guimarães, P. T. G. (2000) Sistema radicular do cafeeiro: estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam. Belo Horizonte: EPAMIG, 80 p. (EPAMIG, Série Documentos, 37).
- Rena, A.B., Maestri, M. (2000) Relações hídricas no cafeeiro. *Item*, Brasília, n.48, p. 34-41.

- Rena, A. B. A água na fisiologia do cafeeiro. (1998) *In: Anais do Simpósio Estadual do Café*, 3, Vitória, ES: CETCAF. p.132-152.
- Rena, A. B., Maestri, M. (1986) Fisiologia do cafeeiro. *In: Rena, A. B., Malavolta, E., Rocha, M. et al. (eds). Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisas do Potássio e do Fósforo - Patafos, 1986. p 13-86.
- Rena, A. B., Maestri, M. (1985) Fisiologia do cafeeiro. *Informe Agropecuário*, 11(126): 26-40.
- Rezende, F. C., Arantes, K. R., Oliveira, S. dos R., Faria, M. A. de. (2010) Cafeeiro recepado e irrigado em diferentes épocas: produtividade e qualidade. *Coffee Science*, Lavras, 5(3): 229-237.
- Rezende, F. C., Oliveira, S. dos R., Faria, M. A. de, Arantes, K. R. (2006) Características produtivas do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv., Topázio MG-1190), recepado e irrigado por gotejamento. *Coffee Science*, Lavras, 1(2): 103-110.
- Ronchi, C. P., DaMatta, F. M. (2007) Aspectos fisiológicos do café Conilon *In: Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A. da, Bragança, S. M., Ferrão, M. A. G., De Muner, L. H. (eds.). Café Conilon*. Vitória: Incaper, Cap. 4, p. 95-119.
- Santinato, R., Vliet, W. H. V., Moreira, W. V., Silva, V. A (2010) Estudo de diferentes tipos de recipientes para plantio de cafeeiros adensados (1,82 x 0,5 m) e irrigados sob pivô central-Lepa com cultivo circular no oeste da Bahia. *In: Anais do Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras*, 36., Guarapari, ES, p. 285-286.
- Santinato, R., Fernandes, A. L. T., Fernandes, D. R. (2008) *Irrigação na cultura do café*. 2 ed. Belo Horizonte: O Lutador. 476p.
- Santinato, R., Silva, V. A., Fernandes, A. L. T., D'Antônio, G. A. C., Dalben, E., Santo, J. E. (2006) Crescimento, produtividade, composição química, extração e exportação de macro e micro nutrientes em cafeeiros cultivados nos cerrados sob irrigação e sequeiro. *In: Anais do Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras*, 32., Poços de Caldas-MG. Brasília, MAPA/PROCAFÉ, 48p.
- Santinato, R., Silva, V. A. (2001) *Tecnologias para produção de mudas de café*. Belo Horizonte: O Lutador, 116p.
- SEAG. (2008) *Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura Capixaba - NOVO PEDEAG 2007 a 2025*. Vitória, ES:, 275 p.
- Scalco, M. S., Colombo, A., Alvarenga L. A., Guimarães, R. J., Miranda, W. L. (2009) Monitoramento da umidade do solo para verificação da adequação do manejo de irrigação em cafeeiros podados. *In: Anais do Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, 6., Vitória, ES. CD-ROM.

- Schiavo, J. A., Martins, M. A. (2003) Produção de mudas de acácia colonizadas com micorrizas e rizóbio em diferentes recipientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(2): 173-178.
- Silva, J. I., Vieira, H. D., Viana, A. P., Barroso, D. G. (2010) Desenvolvimento de mudas de *Coffea canephora* Pierre ex. A. Froehner em diferentes combinações de substrato e recipiente. *Coffee Science*, Lavras, 5(1): 38-48.
- Silva, J. G. F., Reis, E. F. dos. (2007) Irrigação do cafeeiro Conilon. In: Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A. da, Bragança, S. M., Ferrão, M. A. G., De Muner, L. H. (eds.). *Café Conilon*. Vitória: Incaper, Cap. 13, p. 347-373.
- Silva, E. A., DaMatta, F. M., Ducatti, C., Regazzi, A. J., Barros, R. S. (2004) Seasonal changes in vegetative growth and photosynthesis of Arabica coffee trees. *Field Crops Research*, Warwick, 89, 2-3: 349-357.
- Silva, J. de S. (1999) Colheita Secagem e Armazenamento do café. In: Zambolim, L. (ed.) *I Encontro sobre produção de café de qualidade: Livro de Palestras*. Viçosa, MG: Departamento de Fitopatologia. p. 39-95.
- Silveira, J. S. M. (1996) Irrigação em café: café conilon irrigado no Espírito Santo. In: *Anais do Simpósio Estadual do Café, 1.*, Vitória, ES. P. 66-83.
- Silveira, J. S. M., Carvalho, C. H. S. (1996) Efeito da época de irrigação sobre o desenvolvimento do botão floral e floração do café conilon. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 22*, Águas de Lindóia, SP. p. 100-102.
- Simões, J. W. (1987) Problemática da produção de mudas em essências florestais. Piracicaba: IPEF, 29 p. (EPAGRI. Boletim técnico, 73).
- Soares, A. R. (2001) Irrigação fertirrigação fisiologia e produção do cafeeiro adulto na região da Zona da Mata de Minas Gerais. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- UFV.
- Taques, R. C., Dadalto, G. G. (2007) Zoneamento Agroclimatológico para a cultura do café Conilon no estado do Espírito Santo. In: Ferrão, R. G., Fonseca, A. F. A. da, Bragança, S. M., Ferrão, M. A. G., De Muner, L. H. (eds.). *Café Conilon*. Vitória: Incaper, Cap. 2, p. 53-63.
- Tatagiba, S. D., Santos, E. A., Pezzopane, J. E. M., Reis, E. F. dos. (2010a) Mudas de *Coffea canephora* cultivadas sombreadas e a pleno sol. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, MG, 18 (3): 219-226.
- Tatagiba, S. D.; Pezzopane, J. E. M.; Reis, E. F. dos. (2010b) Crescimento vegetativo de mudas de café arábica (*Coffea arabica* L.) submetidas a diferentes níveis de sombreamento. *Coffee Science*, Lavras, 5 (3): 251-261.

- Teodoro, R. E. F. et al. Influência de diferentes lâminas de irrigação nos parâmetros de crescimento do cafeeiro cultivado em região do cerrado (2005) *In: Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa da Cafeicultura Irrigada*, 7., 2005, Araguari. Uberlândia: UFU, p. 85-88.
- Vacarelli, V. N., Medina Filho, H. P., Fazuoli, L. C. (2003) Avaliação de frutos chochos e de sementes do tipo moca no rendimento de híbridos arabustas tetraploides (*Coffea arabica* x *Coffea canephora*). *Boisience Journal*, Uberlândia, MG, 19(3): 155-165.
- Vallone, H. S., Guimarães, R. J., Mendes, A. N. G., Souza, C. A. S., Cunha, R. L. da., Dias, F. P. (2010) Diferentes recipientes e substratos na produção de mudas de cafeeiros. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(1): 55-60.
- Vallone, H. S., Guimarães, R. J., Mendes, A. N. G., Souza, C. A. S., Dias, F. P., Carvalho, A. M. (2009) Recipientes e substratos na produção de mudas e no desenvolvimento inicial de cafeeiros após o plantio. *Ciência e Agrotecnologia*, 33(5): 1327-1335.
- Vliet, W. H. V., Santinato, R., Vliet, W. H. V., Santo, J. O. E., Figueiredo, E., Pimentel, L. A. (2008) Avaliação preliminar do comparativo vegetativo e produtivo de mudas de café de sacolas de polietileno e de tubetes na região oeste da Bahia *In: Anais do Congresso de Pesquisas Cafeeiras*, 34., Caxambu, MG, p. 352-352.