



VINÍCIUS ALVES PEREIRA

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PROGÊNIES DE *Coffea arabica* L. EM SISTEMA IRRIGADO E SEQUEIRO

**LAVRAS – MG
2018**

VINÍCIUS ALVES PEREIRA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PROGÊNIES DE *Coffea arabica* L. EM
SISTEMA IRRIGADO E SEQUEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes

Coorientadora

Dr.^a. Vânia Aparecida Silva

**LAVRAS – MG
2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFPA, com dados informados pelo(a) autor(a).

Pereira, Vinícius Alves.

Desempenho agrônômico de progênies de *Coffea arabica* L. em sistema irrigado e sequeiro / Vinícius Alves Pereira. - 2017. 53 p.

Orientador(a): Antônio Nazareno Guimarães Mendes.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2017. Bibliografia.

1. *Coffea arabica*. 2. Irrigação. 3. Cafeeiro. I. Mendes, Antônio Nazareno Guimarães. . II. Título.

VINÍCIUS ALVES PEREIRA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PROGÊNIES DE *Coffea arabica* L. EM
SISTEMA IRRIGADO E SEQUEIRO**

**AGRONOMIC PERFORMANCE OF *Coffea arabica* L. PROGENIES IN IRRIGATED
AND DRY SYSTEM**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 14 de novembro de 2017.

Dr. Alex Mendonça de Carvalho	UNESP
Dr. Gladyston Rodrigues de Carvalho	EPAMIG
Dr ^a . Milene Alves de Figueiredo Carvalho	EMBRAPA Café
Dr ^a . Vânia Aparecida Silva	EPAMIG

Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes
Orientador

**LAVRAS – MG
2018**

A Deus, por iluminar meus caminhos, trazer-me paz, saúde e perseverança.

*Aos meus pais, Tarcísio Alves Pereira e Ivanete Carvalho Pereira,
pelo amor, atenção e companheirismo.*

À minha irmã Vitória, pela amizade e carinho.

A minha noiva Tainara, pelo apoio e companheirismo.

Aos meus avós, pessoas essenciais em minha vida.

*E a todos aqueles que acreditaram, torceram e me acompanharam
durante mais esta etapa de minha vida.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar saúde, perseverança e coragem nos desafios da vida.

Aos meus pais, Tarcísio Alves Pereira e Ivanete Carvalho Pereira, pelo grande apoio, dedicação, incentivo e pelo grande exemplo que são para a minha vida.

À minha irmã Vitória pela amizade e companheirismo.

Ao professor Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes, pela orientação, apoio e sugestões essenciais para a realização deste trabalho.

À pesquisadora Dra. Vânia Aparecida Silva, pela orientação, dedicação, disponibilidade, apoio e ensinamentos transmitidos, essenciais para a conclusão deste trabalho.

Ao professor Dr. Alex Mendonça de Carvalho, pelo apoio e sugestões sempre importantes neste trabalho.

Ao Dr. Helbert, Dra. Meline e Ms. Janaíne, pela grande ajuda na coleta dos dados do experimento.

Ao NECAF, Núcleo de Estudos em Cafeicultura, pela amizade e ajuda na condução do experimento, essencial para a conclusão deste trabalho.

Aos amigos “irmãos” da República Veio Chico, pelo companheirismo, amizade e confiança.

A todos que, de alguma forma, contribuíram e colaboraram para esta caminhada, o meu muito obrigado.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Agricultura (DAG), pela oportunidade concedida para realização do doutorado.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) pela disponibilização dos materiais estudados.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo.

À FAPEMIG pelo apoio ao desenvolvimento da pesquisa.

Ao INCT Café pela concessão de recursos essenciais na condução do projeto.

RESUMO

Previsões climáticas sinalizam para o aumento do aquecimento global nas próximas décadas, o qual poderá ser acompanhado por um aumento dos períodos de seca. O déficit hídrico pode ser considerado um dos principais fatores limitantes do crescimento do cafeeiro, visto que, em qualquer região produtora de café, não apenas no Brasil, a seca é considerada o principal estresse ambiental capaz de afetar o desenvolvimento e a produção do cafeeiro. Diante desses fatos, objetivou-se com este trabalho a seleção de progênies de cafeeiros que apresentem maior tolerância ao déficit hídrico, provenientes do programa de melhoramento genético do cafeeiro da EPAMIG, por meio de análises fitotécnicas, a fim de encontrar um ou mais genótipos que apresentem elevada tolerância à seca, para posterior seleção e avanços no programa de melhoramento. O experimento foi implantado no Município de Diamantina - MG, em uma propriedade particular denominada Fazenda Sagarana, localizada na região do vale do Jequitinhonha. Foram plantados, na área, 10 genótipos de café arábica promissores, com características de tolerância à seca do Programa de Melhoramento Genético da EPAMIG, em condições de sequeiro e irrigado, com quatro repetições, totalizando 80 parcelas e o método de irrigação utilizado foi por gotejamento. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados em faixas com parcelas subdivididas no tempo. Foram avaliadas características de crescimento como altura, diâmetro de copa e caule, índice de área foliar, produção, rendimento, peneira, queda de frutos e volume e área das raízes. Os resultados mostraram que os genótipos 7 (H-419-5-2-4-18), 9 (H-419-5-4-5-6-1), 12 (H-419-6-2-7-1-1) e 19 (H-516-2-1-1-7-1) foram os que apresentaram maior produtividade dentre os dez genótipos avaliados. Com relação à queda de frutos, todos os genótipos seguiram a mesma tendência, ocorrendo maior queda na fase de chumbão tanto para as condições de sequeiro ou irrigado.

Palavras-chave: *Coffea arabica*. Irrigação. Cafeeiro. Produção. Frutos.

ABSTRACT

Climate forecasts point to rising global warming in the coming decades, which could be accompanied by an increase in drought periods. The water deficit can be considered one of the main coffee limiting growth factors, and in any coffee producing region, not only in Brazil, the drought is considered the main environmental stress capable of affecting the development and coffee production. In view of these facts, the objective in this work was the selection of coffee trees progenies that present greater tolerance to water deficit, from the coffee tree genetic improvement program of *EPAMIG* by means of phytotechnical analyzes, in order to find one or more genotypes that show high drought tolerance, for further selections and improvements in the breeding program. The experiment was implemented in the municipality of *Diamantina* - MG, in a private property called *Sagarana* Farm, located in the region of the *Jequitinhonha* Valley. Ten promising arabic coffee genotypes were planted in the area, with drought tolerance characteristics of the *EPAMIG* Genetic Improvement Program, under not irrigated and irrigated conditions, with four replications, totaling 80 plots, and the irrigation method used was by drip irrigation. A randomized block design was used in plots with plots subdivided on time. Growth, height, crown and stem diameter, leaf area index, productivity, yield, sieve, fruit drop, root volume and area were evaluated. The results showed that genotypes 7 (H-419-5-2-4-18), 9 (H-419-5-4-5-6-1), 12 (H-419-6-2-7-1-1) and 19 (H-516-2-1-1-7-1) were the ones that presented the highest productivity among the ten evaluated genotypes. In relation to fruit drop, all genotypes followed the same trend, occurring greater fall in the chumbon stage for both not irrigated and irrigated conditions.

Keywords: *Coffea arabica*. Irrigation. Coffee tree. Production. Fruits.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Trincheiras feitas sob a saia do cafeeiro para avaliação do sistema radicular.22
- Figura 2 - Grid utilizado para retirada das fotografias utilizadas para avaliação de raízes. .23
- Figura 3 - Percentual médio de queda de frutos de 10 genótipos de cafeeiros irrigados em três diferentes fases fenológicas, Fase 1 (flor/chumbinho), Fase 2 (chumbinho/chumbão) e Fase 3 (granação/maturação).....40
- Figura 4 - Percentual médio de queda de frutos de 10 genótipos de cafeeiros sem irrigação em três diferentes fases fenológicas, Fase 1 (flor/chumbinho), Fase 2 (chumbinho/chumbão) e Fase 3 (granação/maturação).....41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Genótipos de cafeeiro arábica avaliados no experimento com a respectiva identificação em campo, genealogia, grupo de cultivares e Instituição de.....	19
Tabela 2 -	Dados Climatológicos médios anuais da Fazenda Sagarana, localizada no município de Diamantina - MG, referente à temperatura mínima (T _{min}), temperatura máxima (T _{máx}), umidade relativa do ar (UR), precipitação pluviométrica, radiação solar e índice de raios ultra violeta (UV) referentes aos anos de 2012 a 2016.	25
Tabela 3 -	Análise de variância da altura em centímetros de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).	26
Tabela 4 -	Altura média de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).	26
Tabela 5 -	Análise de variância do diâmetro de copa em centímetros de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).	28
Tabela 6 -	Diâmetro de copa médio de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).	28
Tabela 7 -	Análise de variância do diâmetro de caule (DCA) em milímetros de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).	29
Tabela 8 -	Diâmetro de caule médio de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).	29
Tabela 9 -	Análise de variância do índice de área foliar (IAF) de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).	30
Tabela 10 -	Índice de área foliar médio de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).	30
Tabela 11 -	Análise de variância para produção em sc/ha de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).	34
Tabela 12 -	Produção média de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).	34
Tabela 13 -	Análise de variância para rendimento em kg de café em coco/ kg de café beneficiado de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).	36
Tabela 14 -	Rendimento médio kg de café em coco/ kg de café beneficiado de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).	37
Tabela 15 -	Análise de variância para peneira 17 acima de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).	39
Tabela 16 -	Peneira 17 acima média de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).	39
Tabela 17 -	Porcentagem média de queda de frutos de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação), correspondentes às fases de flor/chumbinho(set/nov), chumbinho/chumbão (nov/mar) e granação/maturação (mar/jun).	40
Tabela 18 -	Análise de variância para diâmetro médio, volume e área do sistema radicular de 5 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).	42
Tabela 19 -	Diâmetro (mm), volume (mm) e área (mm) média do sistema radicular de 5 genótipos de cafeeiro submetidos a dois sistemas de irrigação (sequeiro e irrigado).	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	O Cafeeiro e as mudanças climáticas	13
2.2	Melhoramento genético do cafeeiro.....	14
2.3	Sistema radicular do cafeeiro.....	15
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1	Material vegetal e condições experimentais.....	18
3.2	Características Avaliadas	19
3.2.1	Altura de Plantas.....	19
3.2.2	Diâmetro de Copa	19
3.2.3	Diâmetro de Caule	20
3.2.4	Índice de Área Foliar (IAF).....	20
3.2.5	Produtividade	20
3.2.6	Rendimento.....	21
3.2.7	Peneira.....	21
3.2.8	Pegamento de frutos.....	21
3.2.9	Raízes.....	22
3.2.10	Análises estatísticas	23
3.2.11	Variáveis climáticas	24
3.2.11.1	Balanco Hídrico Regional.....	24
3.2.11.2	Dados Meteorológicos da EMA	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1	Altura	26
4.2	Diâmetro de copa	27
4.3	Diâmetro de caule.....	28
4.4	Índice de área foliar (IAF).....	29
4.5	Produtividade	31
4.6	Rendimentos	35
4.7	Peneira.....	37
4.8	Pegamento de frutos.....	39
4.9	Raízes.....	42
5	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS	46
	ANEXOS.....	52

1 INTRODUÇÃO

A produção de café é uma das atividades mais importantes para a economia brasileira, visto que o Brasil detém o título de maior produtor mundial, tendo alcançado 51,37 milhões de sacas, na safra 2016/2017, o que correspondeu a, aproximadamente, 34% da produção mundial. O parque cafeeiro brasileiro é formado por cerca de 2,23 milhões de hectares. Minas Gerais aparece como o maior produtor do Brasil, responsável por 59,8% de todo o café produzido (arábica e robusta), sendo o maior produtor de arábica (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2016).

Todavia previsões climáticas sinalizam para o aumento do aquecimento global, nas próximas décadas, o qual poderá ser acompanhado por um aumento dos períodos de seca, fato que já ocorreu, nos últimos anos, nas regiões produtoras de café no Brasil, com ênfase no Sul do estado de Minas Gerais, que sofreu com uma grave seca iniciada em meados do ano de 2013 que se prolongou até os anos de 2014/2015 (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET, 2017), acarretando uma queda brusca na produção de café, nos anos de 2014 e 2015, período em que as safras de café praticamente se igualaram no País, que produziu, aproximadamente, a mesma quantidade em cada ano, cerca de 43 milhões de sacas, interrompendo a alternância do ciclo bienal de produção, que foi nivelado por baixo no período (CONAB, 2016).

Nesse sentido, o agronegócio café tem recebido destaque como um dos setores mais vulneráveis às alterações climáticas, na agricultura brasileira, pela elevada sensibilidade da produção à variabilidade da temperatura e precipitação.

O déficit hídrico pode ser considerado um dos principais fatores limitantes do crescimento do cafeeiro. Segundo DaMatta e Ramalho (2006), em qualquer região produtora de café, não apenas no Brasil, a seca é considerada o principal estresse ambiental capaz de afetar o desenvolvimento e a produção do cafeeiro.

De acordo com Tardieu (2005), existem três mecanismos pelos quais as plantas podem crescer e desenvolver-se, adequadamente, em ambientes com restrição hídrica: o primeiro mecanismo seria escapar da seca pelo encurtamento do ciclo de desenvolvimento, porém esse mecanismo não se aplica ao cafeeiro, uma vez que se trata de uma cultura perene; o segundo mecanismo seria evitar o déficit hídrico, reduzindo a transpiração ou aumentando a taxa de absorção de água; e, por fim, o terceiro mecanismo seria a tolerância ao estresse hídrico, mantendo um adequado crescimento sob estresse por meio de mecanismos de sobrevivência.

Diante desses fatos, objetivou-se com este trabalho a seleção de progênies de cafeeiros que apresentem maior tolerância ao déficit hídrico, dentre um grupo de dez progênies de *Coffea arabica* L., provenientes do Programa de Melhoramento Genético do Cafeeiro da EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), por meio de análises fisiológicas e fitotécnicas, a fim de encontrar um ou mais genótipos que apresentem elevada tolerância à seca, para posterior seleção e avanços no Programa de Melhoramento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Cafeeiro e as mudanças climáticas

As mudanças climáticas que vêm ocorrendo em várias regiões do mundo estão recebendo atenção especial dos segmentos ligados à agricultura, por seu potencial de provocar perdas e/ou promover o deslocamento das áreas de cultivo.

Em relatório elaborado pelo Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC (2013), que tem como objetivo principal sintetizar e divulgar o conhecimento mais avançado sobre as mudanças climáticas no planeta, há previsão de que a produção de alimentos em todo o mundo possa sofrer um grande impacto, nas próximas décadas, em função das mudanças climáticas provocadas pelo aquecimento global, ameaçando o cultivo de várias espécies agrícolas em países como o Brasil (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA; UNIVERSIDADE DE CAMPINAS - UNICAMP, 2008).

Especificamente com relação à cafeicultura, grupos de cientistas e cafeicultores têm dedicado total atenção, nas últimas décadas, para o aquecimento global, cujos efeitos podem reduzir significativamente as áreas tradicionalmente aptas para o cultivo do café em várias partes do mundo. Para implementação da cultura, é importante considerar que o café possui restrições, sendo consideradas regiões aptas ao cultivo do *Coffea arabica* L. aquelas com temperatura média anual entre 19 °C e 22 °C e déficit hídrico inferior a 150 mm anuais. E, para o *C. canephora* P., temperatura média entre 22 °C e 26 °C e déficit hídrico menor que 200 mm anuais (VENTURIN et al., 2013). Segundo Pezzopane et al. (2008), a temperatura do ar atua na duração do ciclo reprodutivo, condicionando a época de colheita. Sendo assim, torna-se importante levar em consideração que as condições climáticas sofrem alterações, ao longo dos anos e que as áreas hoje próprias para cultivo poderão se tornar impróprias (LIMA; SANTOS; SIQUEIRA, 2011).

O café Arábica foi uma das primeiras espécies avaliadas quanto aos efeitos das mudanças climáticas. Há anos, Assad, Pinto e Caramori (2001) já previam um deslocamento no zoneamento agroclimatológico do cafeeiro para as regiões mais ao Sul das atuais zonas cafeeiras e, também, um deslocamento da produção para áreas montanhosas, de difícil manejo, cujas temperaturas médias anuais abaixo de 23°C ainda seriam observadas. Esses resultados foram reafirmados com as simulações realizadas a partir do quarto relatório do IPCC (2007) e Embrapa e Unicamp (2008).

Segundo estudo elaborado pelo The Climate Institute (2016), se mantidas as condições atuais, a elevação da temperatura poderá reduzir pela metade a área tradicionalmente apta ao cultivo do café nas próximas três décadas. Além disso, o referido estudo aponta que o café, presente na forma nativa em florestas africanas, corre risco de extinção, nos próximos 70 anos, preocupando cientistas, uma vez que as plantas nativas de café podem conter informações genéticas valiosas que podem permitir, no futuro, o desenvolvimento de novas cultivares mais tolerantes ao aquecimento.

No entanto deve-se lembrar que essas simulações, apesar de importantes, não levam em consideração diversos mecanismos adaptativos das plantas em relação ao meio ambiente e nem de técnicas capazes de amenizar os efeitos do clima (VENTURIN et al., 2013).

2.2 Melhoramento genético do cafeeiro

O melhoramento genético do cafeeiro teve início, em 1727, com a introdução dos primeiros cafeeiros da variedade *Typica* em território brasileiro (MATIELLO et al., 2005). Posteriormente foi introduzida a variedade "Bourbon Vermelho", sendo bastante difundida em território nacional. Mais tarde, na cidade de Botucatu, SP, foi encontrada uma nova variedade chamada de "Amarelo de Botucatu", sendo uma mutação da variedade *Typica*.

Em 1896, foi introduzida no Brasil a variedade "Sumatra", trazida da Ilha de Sumatra na Indonésia e, anos mais tarde, surgiu a variedade "Bourbon Amarelo", oriunda do cruzamento de "Bourbon Vermelho" com "Amarelo de Botucatu".

Em 1930, foi identificada, na Serra do Caparaó, a variedade "Caturra", de porte baixo, oriunda de mutação da "Bourbon Vermelho".

A partir de 1930, teve início a segunda fase do melhoramento genético do cafeeiro no Brasil, quando foi criada a Seção de Genética do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), onde eram realizadas seleções de cafeeiros matrizes de cultivares comerciais e avaliações de suas progênies, além da geração de novos genótipos, por meio da hibridação intra e interespecífica, introdução e estudo de novas cultivares comerciais e pesquisa sobre novos genótipos que ocorriam em plantações como consequência de hibridações e/ou mutações (CARVALHO; FAZUOLI, 1993). Posteriormente, outros Programas foram criados, em outras instituições, como o convênio EPAMIG/UFLA/UFV e MAPA/Fundação PROCAFÉ, em Minas Gerais; os Programas do IAPAR, no Paraná e do INCAPER, no Espírito Santo (MEDINA FILHO; BORDIGNON; CARVALHO, 2008).

Os trabalhos realizados proporcionaram grandes avanços, no melhoramento genético do cafeeiro no Brasil, disponibilizando, para o agricultor, cultivares com elevado potencial produtivo, vigor, rusticidade, uniformidade de maturação dos frutos e resistência à ferrugem, além de outras características de interesse agrônomo e comercial (AGWANDA et al., 2003). Porém acredita-se que atualmente, de modo geral, a seca e temperaturas desfavoráveis são as principais limitações à produção de café nas principais regiões cafeeiras do País. Essas limitações devem aumentar, em função das reconhecidas mudanças climáticas e, também, porque a cafeicultura vem sendo expandida para regiões marginais onde secas e temperaturas desfavoráveis são ainda mais acentuadas (DAMATTA; RAMALHO, 2006). A seca em vários países é considerada o maior estresse ambiental, para a produção cafeeira, afetando a fisiologia da planta em resposta ao estresse hídrico, ocorrendo diferentes modificações fisiológicas durante o estresse. Nas áreas produtoras de café, a seca geralmente é agravada pela alta radiação solar e elevadas temperaturas, sendo a seca considerada um fator de estresse multidimensional (DAMATTA, 2004). Uma das estratégias mais importantes, para mitigar o efeito da seca, é a busca por cultivares de café que tolerem esse fenômeno, que sejam capazes de crescer e produzir adequadamente, em regiões sujeitas à seca e entre as estratégias de melhoramento. Para obtenção de cultivares promissoras, as mais comumente utilizadas são hibridação e a seleção de plantas matrizes dentro de populações, com o estudo de suas progênies (FERRÃO et al., 2016).

Nos últimos 15 anos, vários progressos ocorreram na pesquisa com relação à fisiologia vegetal do cafeeiro com foco nas relações hídricas e mecanismos de tolerância à seca. Entretanto, tanto em café como na maioria das culturas tropicais, ainda existe uma grande lacuna do conhecimento a ser preenchida (PRAXEDES et al., 2006).

2.3 Sistema radicular do cafeeiro

Raízes são fundamentais para o desenvolvimento dos vegetais, atuando como ponto de entrada de água e nutrientes. De modo geral, sistemas radiculares mais desenvolvidos são de grande importância, na produtividade de plantas cultivadas sem irrigação, em que pode ocorrer uma limitação na absorção de água e nutrientes se as raízes não atingirem as camadas mais profundas do solo (RAIJ, 2011).

O conhecimento de características morfológicas e estruturais do sistema radicular é condição obrigatória para se estudar a cultura do cafeeiro.

As raízes do cafeeiro cumprem funções como absorção, condução de água e minerais, além da função de suporte e de reserva. Portanto as raízes são importantes e indispensáveis centros de importação de fotoassimilados, armazenando o produto da fotossíntese, quando o consumo da planta é menor que a produção, ocorrendo grandes prejuízos aos cafeeiros, quando a situação se inverte, ou seja, quando a produção de fotoassimilados é menor que o consumo da planta, uma vez que as raízes têm menor força de dreno que as folhas novas e frutos, ocorrendo paralisação do crescimento e até mesmo a morte do sistema radicular (RENA; MAESTRI, 1986).

O conhecimento da distribuição espacial radicular permite maximizar o aproveitamento de água e nutrientes pelas diversas culturas (FUGIWARA et al., 1994).

Em cafeeiros, o aprofundamento do sistema radicular é uma característica fenotípica importante, uma vez que plantas que expressam essa característica geneticamente são classificadas como variedades mais tolerantes à seca. Essa característica é comum em plantas da cultivar Apoatã IAC 2258, que possuem um sistema radicular bem desenvolvido (ALFONSI; FAHL; CARELLI, 2003). Sakai et al. (2000) demonstraram que plantas dessa cultivar exploraram 10% a mais volume de solo do que outras 10 cultivares avaliadas.

A configuração do sistema radicular de uma planta depende, em primeiro lugar, da sua constituição genética. Plantas geneticamente idênticas vão apresentar sistemas radiculares com a mesma conformação. Porém as condições do solo podem induzir reações no sistema radicular que modificarão a sua conformação e desenvolvimento.

Apesar do sistema radicular do cafeeiro ter suas características de desenvolvimento ligadas primordialmente à genética da planta, outros fatores também influem na conformação do sistema radicular, como a fertilidade do solo, seu teor de umidade e a sua aeração (FRANCO; INFORZATO, 1946). Forsythe (1975), também, mostrou que o crescimento das plantas, nos diferentes estágios de crescimento, incluindo o desenvolvimento das raízes, é afetado diretamente pela disponibilidade de água e de oxigênio, pela temperatura e pelo impedimento mecânico que o solo pode oferecer ao desenvolvimento do sistema radicular.

A disponibilização de água por irrigação pode influenciar no desenvolvimento do sistema radicular nas diversas camadas do solo (BARROS et al., 1997). Dentre os diversos sistemas de irrigação, o gotejamento corresponde a uma técnica que proporciona maior eficiência no uso da água (BERNARDO, 1984). Nesse sentido, o desenvolvimento radicular dos cafeeiros irrigados pode ser condicionado às diferentes configurações dos tubos gotejadores. Barreto et al. (2006), estudando cafeeiros irrigados pelo método de gotejamento, verificaram que houve uma maior tendência de manutenção do volume radicular, na região

próxima aos emissores, enquanto, nos pontos mais distantes de formação do bulbo úmido, o crescimento radicular foi menor.

Tomaziello et al. (2000) relataram que, em situações de déficit hídrico, o sistema radicular do cafeeiro desenvolve-se mais do que as demais partes da planta. Franco e Inforzato (1946) relataram que, em solos com baixa retenção superficial de água, há um aprofundamento das raízes, demonstrando sua capacidade de adaptação diante de situações adversas.

Paglis et al. (2009), trabalhando com cafeeiros cv. Siriema sob restrição hídrica, verificaram que o crescimento das raízes, nas plantas submetidas à restrição hídrica, apresentaram uma massa seca significativamente maior (56%) que aquelas mantidas na capacidade de campo, mostrando que o cafeeiro Siriema sob deficiência hídrica tem um maior investimento de matéria-seca nas raízes e, com isto, consegue atingir uma maior profundidade no solo e suprir sua deficiência hídrica.

Neste mesmo trabalho, Paglis et al. (2009) mostraram que, quando o cafeeiro não sofreu restrição hídrica, o sistema radicular foi maior apenas na profundidade de 30 cm. Por outro lado, nas camadas mais profundas do solo, o comprimento das raízes foi maior nas plantas submetidas ao déficit hídrico. Os resultados mostraram que as plantas sem restrição hídrica mantiveram seu sistema radicular mais superficial, não explorando as camadas mais profundas do solo, ao contrário das plantas submetidas ao estresse hídrico que apresentaram uma distribuição mais uniforme das raízes, ao longo do perfil do solo, buscando água em camadas mais profundas.

Esta característica de alterar a força do dreno, em favor de um crescimento de raízes mais uniforme no perfil do solo, principalmente em profundidade, caracteriza-se em uma importante estratégia de sobrevivência a períodos prolongados de deficiência hídrica e ajuda a explicar a tolerância à seca (PAGLIS et al., 2009).

Tal característica é importante para que a planta tolere melhor os períodos mais secos (FREITAS et al., 2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material vegetal e condições experimentais

A área experimental localiza-se, em uma propriedade cafeeira, denominada fazenda Sagarana, no Município de Diamantina, MG, localizada a 17° 41' 23" S e 43° 24' 23" O, com altitude media na área do experimento de 880 m.

Os genótipos previamente selecionados pelo programa de melhoramento da EPAMIG (Tabela 1) foram plantados, em abril de 2011, em área com sistema de irrigação por gotejamento, no espaçamento de 3,8 x 0,8 m. O sistema de irrigação é gotejamento por gravidade, sendo os gotejadores de 2,3 l/h de vazão, espaçados a cada 75 cm. Os tubos gotejadores são abastecidos por um tubo de PVC de 75mm. A água é fornecida por uma represa local. A vazão do emissor é de 2,30l/h/m², ou seja, 2,3 mm/h, e o tempo de irrigação foi de, aproximadamente, de duas horas/dia. A irrigação foi feita de modo a repor a evapotranspiração da cultura fornecida por estação automática local.

A implantação do experimento com sistema irrigado e sequeiro foi realizada em plantas com 24 meses de idade. No sistema irrigado, as plantas continuaram a ser irrigadas com sistema de gotejamento. No sistema sequeiro, as mangueiras de irrigação foram desconectadas nas faixas correspondentes, para imposição do déficit hídrico, durante todo o período experimental. Ressalta-se que, no sistema irrigado, conforme manejo adotado na fazenda, foi realizada a suspensão da irrigação para uniformização do florescimento nos seguintes períodos: Ano 2014 (28/06/2014 a 05/09/2014); Ano 2015 (15/06/2015 a 20/09/2015) e Ano 2016 (28/06/2016 a 15/09/2016).

As adubações nos tratamentos irrigados foram feitas por fertirrigação e, nos tratamentos sem irrigação, a fertilização foi realizada de maneira convencional com aplicação de superfície, sob a copa do cafeeiro, seguindo as recomendações realizadas na fazenda, de acordo com o manual de recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª aproximação).

Tabela 1 - Genótipos de cafeeiro arábica avaliados no experimento com a respectiva identificação em campo, genealogia, grupo de cultivares e Instituição de origem.

Nº de ordem	Genótipos (Identificação em campo)	Genealogia	Grupo de cultivares	Instituição de origem
1	3	Catiguá MG3	Catiguá	EPAMIG
2	4	H-419-3-3-7-16-11	Paraíso	EPAMIG
3	5	H-419-3-4-4-13	Paraíso	EPAMIG
4	7	H-419-5-2-4-18	Paraíso	EPAMIG
5	9	H-419-5-4-5-6-1	Paraíso	EPAMIG
6	12	H-419-6-2-7-1-1	Paraíso	EPAMIG
7	19	H-516-2-1-1-7-1	Araponga	EPAMIG
8	20	H-516-2-1-1-12-1	Araponga	EPAMIG
9	21	H-516-2-1-1-14-3	Araponga	EPAMIG
10	23	H-518-3-6-462M	Pau - Brasil	EPAMIG

Fonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (2017).

O experimento foi instalado no delineamento em blocos casualizados, com os tratamentos resultantes das combinações de genótipos e irrigação (com e sem irrigação), distribuídos em faixas, sendo os anos de colheitas considerados como parcelas subdivididas no tempo. A disposição dos tratamentos foi feita de modo a facilitar a instalação das parcelas correspondentes aos tratamentos irrigados e não irrigados, apresentando, então, 10 genótipos (3, 4, 5, 7, 9, 12, 19, 20, 21 e 23) x 2 tratamentos (irrigado e sem irrigação) x 4 repetições, perfazendo um total de 80 parcelas experimentais, com 6 plantas por parcela.

3.2 Características Avaliadas

3.2.1 Altura de Plantas

Foram realizadas medições de altura das plantas, na escala de centímetros, em todas as parcelas experimentais, com auxílio de uma régua graduada a cada seis meses, a partir de março de 2015, quando se realizou a primeira medição.

3.2.2 Diâmetro de Copa

Foram realizadas medições de diâmetro de copa das plantas a cada seis meses, a partir de março de 2015, quando se realizou a primeira avaliação, com auxílio de uma régua

graduada em centímetros. As medições foram realizadas, na seção inferior do dossel, correspondente à extensão total entre as extremidades dos ramos plagiotrópicos de maior comprimento, opostos e na base da planta.

3.2.3 Diâmetro de Caule

Foram realizadas medições de diâmetro de caule das plantas na escala de milímetros, em todas as parcelas experimentais, com auxílio de um paquímetro digital a cada seis meses, a partir de março de 2015, quando se realizou a primeira medição.

3.2.4 Índice de Área Foliar (IAF)

As medidas finais da altura (cm) e do diâmetro de copa das plantas (cm), referentes ao mês de setembro de 2016, foram utilizadas, para estimativa do índice de área foliar (IAF), segundo metodologia proposta por Favarin et al. (2002), utilizando a equação:

$$\text{IAF} = 0,0134 + 0,7276 \cdot \text{Di}^2 \cdot \text{Hd} \text{ (m}^2\text{m}^{-2}\text{)}$$

$$r^2 = 0,9893^{**}$$

3.2.5 Produtividade

As parcelas experimentais foram colhidas, em quatro anos de avaliação, correspondentes às colheitas de 2013, 2014, 2015 e 2016. Foram colhidas seis plantas por parcela, sendo registrado o volume total de café no momento da colheita em litros por parcela. Do total colhido por parcela, foi retirada uma amostra de 3 litros, levada para processamento pós-colheita em terreiro até completar a secagem, com 11% de teor de água, para posterior avaliação do rendimento pela equivalência em litros de café, no momento da colheita por saca de 60 quilos de café beneficiado e consequente estimativa da produtividade em sacas de 60 kg.ha⁻¹, por meio da seguinte equação.

$$\begin{aligned} & 3 \text{ L de café da roça da parcela X ----- Y kg de café beneficiado} \\ & \text{Total de L café da roça da parcela X ----- Z kg de café beneficiado} \end{aligned}$$

posteriormente, $Z \text{ kg de café beneficiado} / 60 \text{ (valor em Kg de uma saca de café)} = Z \text{ sacas de café}$; finalmente,

$$\begin{array}{l} 6 \text{ plantas} \text{ ----- } Z \text{ sacas de café} \\ \text{Total de plantas/ha} \text{ ----- } W \text{ sacas/ha} \end{array}$$

3.2.6 Rendimento

As avaliações de rendimento foram realizadas, para os quatro anos de avaliação, 2013, 2014, 2015 e 2016. Os 3 litros retirados em campo e levados para o terreiro foram submetidos ao processo de secagem. Após a secagem dos grãos, foi realizada a sua pesagem na fase de café em coco. Após a pesagem do café em coco, as parcelas foram beneficiadas e pesadas novamente, obtendo-se o peso beneficiado.

Posteriormente foi realizada uma conversão por meio uma regra de 3 simples, para estimar o rendimento, ou seja, quantos quilos de café em coco são necessários para se obter 60 kg de café beneficiado.

$$\begin{array}{l} X \text{ kg de café em coco} \text{ ----- } Y \text{ kg de café beneficiado} \\ 100 \text{ kg de café em coco} \text{ ----- } Z \text{ kg de café beneficiado} \end{array}$$

3.2.7 Peneira

Para a avaliação de peneira, 100g de grãos beneficiados e já catados para a retirada de defeitos foram submetidos à passagem por uma peneira classificatória número 17, sendo quantificada a quantidade de grão retidos nessa peneira, posteriormente, os grão retidos na peneira 17 são novamente pesados chegando à porcentagem de grãos da peneira 17 acima.

3.2.8 Pegamento de frutos

Para a avaliação do pegamento de frutos, foram demarcados dois ramos por planta, na parcela experimental, um de cada lado da linha de cultivo. Nesses ramos demarcados, foram marcadas duas rosetas, tendo seus frutos contados e contabilizados, ao longo de um ano agrícola, ou seja, da florada à colheita.

As avaliações foram realizadas, nos meses de setembro de 2015, novembro de 2015, março de 2016 e junho de 2016. Na primeira avaliação, setembro de 2015, as plantas estavam com flores, sendo contado o número de flores na roseta marcada. Em novembro de 2015, durante a segunda avaliação, foram contabilizados os números de chumbinhos, presentes nas rosetas marcadas; em março de 2016, os frutos das rosetas marcadas se encontravam no estágio de chumbão sendo eles contabilizados. Na última avaliação, em junho de 2016, os frutos das rosetas marcadas se encontravam granados e aptos à colheita e, nessa época, foi realizada a última contagem dos frutos presentes nas rosetas marcadas.

3.2.9 Raízes

Foram realizadas, em novembro de 2016, avaliações do sistema radicular dos genótipos 3, 7, 9, 12 e 19.

A avaliação consistiu na abertura de trincheiras sob a copa do cafeeiro com, aproximadamente, 1 m de profundidade e largura referente a 3 plantas de café, de acordo com a Figura 1 abaixo.

Figura 1 - Trincheiras feitas sob a saia do cafeeiro para avaliação do sistema radicular.



Fonte: Do autor (2017).

As trincheiras foram abertas de forma manual, com o uso de enxadões, picaretas e pás. Após a abertura das trincheiras, fez-se a retirada da terra que envolvia as raízes com o uso de um escarificador manual. Posteriormente as raízes foram pintadas com uma tinta spray branco para melhorar o contraste.

Com as raízes já limpas e pintadas, foi colocado sobre elas um grid (Figura 2) e, posteriormente, foram feitas fotografias que foram analisadas em um programa computacional.

Figura 2 - Grid utilizado para retirada das fotografias utilizadas para avaliação de raízes.



Fonte: Do autor (2017).

Para análise das imagens, utilizou-se o software SAFIRA, 2010 (Sistema para Análise de Fibras e Raízes) de domínio público, desenvolvido pelo Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária - CNPDIA, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (JORGE; RODRIGUES, 2008), que analisa as raízes por meio de processamento de imagens obtidas por câmera digital. O software SAFIRA permite obter medidas de área superficial, volume e comprimento das fibras e raízes, por classes de diâmetro.

3.2.10 Análises estatísticas

Os dados obtidos nas avaliações foram submetidos à análise de variância, para experimentos conduzidos no delineamento, em faixas com parcelas subdivididas no tempo, seguindo o seguinte modelo estatístico.

$$Y_{ijkm} = \mu + A_i + e_{jci} + B_k + AB_{ik} + e_{jkci} + C_m + AC_{im} + BC_{km} + ABC_{ikm} + e_{jkmc}$$

Para as variáveis relacionadas ao crescimento vegetativo dos cafeeiros (altura de planta, diâmetro de copa, diâmetro de caule e índice de área foliar), utilizaram-se, para as análises estatísticas, os dados correspondentes ao incremento, que correspondem ao valor da

última medição, realizada em setembro de 2016, subtraído do valor da primeira medição, realizada em março de 2015, ou seja, o valor encontrado refere-se ao quanto a planta cresceu, no período de 12 meses de avaliação (março de 2015 a setembro de 2016). Houve necessidade de transformação dos dados em $\sqrt{x+1}$, para que atendessem os pressupostos da análise de variância.

As análises foram realizadas utilizando-se o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

3.2.11 Variáveis climáticas

3.2.11.1 Balanço Hídrico Regional

O balanço hídrico climatológico, desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955), é uma das várias maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo. Pela contabilização do suprimento natural de água ao solo pela chuva (P) e pela demanda atmosférica pela evapotranspiração potencial (ETP) e com um nível máximo de armazenamento ou capacidade de água disponível (CAD), apropriada ao estudo em questão, o balanço hídrico fornece estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM), podendo ser elaborado desde a escala diária até a mensal (CAMARGO, 1971).

Foram utilizados dados normais de temperatura média mensal (TMED) e de chuva total mensal (P), pertencentes às redes de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e ao Agritempo, referentes ao município de Diamantina. Para a localidade, a temperatura média mensal foi estimada, a partir do método das coordenadas geográficas, com os coeficientes determinados.

Esses dados foram utilizados, na elaboração do balanço hídrico climatológico, empregando-se o método de Thornthwaite e Mather (1955) pelo programa “BHnorm” elaborado em planilha EXCEL por Rolim et al. (1998). Como capacidade de água disponível (CAD), utilizou-se o valor de 100mm, com possibilidade de sua alteração pelo usuário, e a evapotranspiração potencial (ETP) foi estimada pelo método de Thornthwaite (1948). Como resultado, o balanço hídrico forneceu as estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM) para cada mês do ano.

3.2.11.2 Dados Meteorológicos da EMA

Na Tabela 2, são apresentados os dados da estação meteorológica automática (EMA) da Fazenda Sagarana, onde é utilizado uma estação marca Davis, modelo Vantage pro 2.

Tabela 2 - Dados Climatológicos médios anuais da Fazenda Sagarana, localizada no município de Diamantina-MG, referente à temperatura mínima (Tmin), temperatura máxima (Tmáx), umidade relativa do ar (UR), precipitação pluviométrica, radiação solar e índice de raios ultra violeta (UV) referentes aos anos de 2012 a 2016.

Dados Climáticos - Faz. Sagarana, Diamantina, MG - Média anual - Anos: 2012 a 2016						
ANO	T min (°C)	T máx (°C)	UR (%)	Precipitação (mm)	Radiação solar (W/m ²)	Índice UV
2012	16,3	23,3	65,4	1096,6	9961,1	67,7
2013	13,3	19,0	54,5	1584,5	8340,2	49,2
2014	8,8	24,0	32,6	336,5	10039,1	46,1
2015	14,3	30,0	58,4	825,2	6546,9	45,2
2016	13,8	29,2	63,0	1118,4	6071,5	42,6
Normais Climatológicas	14,1	23,7	76,7	1284,7	--	--

Fonte: Do autor (2017).

Em anexo, segue o extrato do balanço hídrico mensal, de acordo com a estação meteorológica INMET, para a região de Diamantina - MG.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Altura

Abaixo estão apresentadas as tabelas com a análise de variância, para a altura dos 10 genótipos de cafeeiros avaliados, nos dois regimes hídricos, com e sem irrigação (Tabela 3) e Tabela 4 com as médias de altura.

Tabela 3 - Análise de variância da altura em centímetros de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Genótipos	9	2,441	1,948*	0,087
Blocos	3	1,038	0,828	0,489
Erro 1	27	1,252		
Regime hídrico	1	3,530	4,303*	0,046
Genótipos * Regime hídrico	9	1,373	1,674*	0,139
Erro 2	30	0,820		
Total	79			

CV 1 (%) = 16,58
CV 2 (%) = 13,42

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Do autor (2017)

Tabela 4 - Altura média de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).

Genótipos	Altura			
	Altura inicial		Incremento Crescimento final	
	sequeiro	irrigado	Sequeiro	irrigado
3	180,63	187,50	41,3aA	43,1bA
4	170,00	191,88	33,8aB	51,9aA
5	183,13	212,50	48,8aA	61,3aA
7	189,75	201,00	44,6aA	64,0aA
9	184,00	201,88	54,1aA	47,5aA
12	178,88	199,00	34,9aA	31,6bA
19	207,50	203,75	47,5aA	45,0bA
20	197,50	190,00	43,8aA	57,0aA
21	203,13	202,13	41,3aA	32,9bA
23	166,67	198,75	41,9aB	57,0aA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo de comparação, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2017)

Para a variável altura de plantas, a interação genótipos * regime hídrico foi significativa, ou seja, a diferença entre os genótipos foi dependente do regime hídrico. Dessa maneira, no tratamento sequeiro (sem irrigação), não houve diferença entre os genótipos quanto à altura de plantas. Porém, para o tratamento irrigado, houve diferença significativa entre os genótipos, visto que os genótipos 7, 5, 20, 23, 4 e 9 apresentaram maior taxa de crescimento, nos dois anos de avaliação, crescendo cerca de 64, 61,3, 57, 57, 51,9 e 47,5 cm, respectivamente, em relação à primeira medição.

Quando se compara o mesmo genótipo nos dois tratamentos, irrigado e sequeiro, podemos perceber que apenas os genótipos 4 e 23 apresentaram diferença significativa, ou seja, apresentaram maior crescimento em altura quando irrigados. Carvalho et al. (2006), em um experimento realizado na Universidade Federal de Lavras, com diferentes regimes hídricos, lavouras irrigadas e não irrigadas, observaram que os tratamentos irrigados proporcionaram maior altura de plantas, maior diâmetro de copa e maior número de ramos plagiotrópicos que os não irrigados. O mesmo foi observado por Gomes, Lima e Custódio (2007), Nazareno et al. (2003) e Vilella e Faria (2003).

Os demais genótipos não apresentaram diferença significativa em altura de plantas, quando se compara o mesmo genótipo nos dois ambientes, dessa maneira, podemos dizer que os genótipos 3, 5, 7, 9, 12, 19, 20 e 21 não tiveram o seu crescimento em altura influenciados pela irrigação, visto que os mesmos tratamentos, quando em sequeiro, apresentaram a mesma taxa de crescimento.

4.2 Diâmetro de copa

A interação genótipos * regime hídrico também foi significativa. Dessa maneira, na Tabela 6, podemos observar que os tratamentos irrigados não apresentaram diferença significativa entre eles, ou seja, estatisticamente todos apresentaram o mesmo valor de crescimento em diâmetro de copa. Para os tratamentos no sequeiro, o genótipo 12 foi o que apresentou maior diâmetro de copa, diferindo de todos os demais.

Quando se compara o mesmo genótipo, em diferentes regimes hídricos, verifica-se que apenas o tratamento 3 apresentou menor diâmetro de copa quando em sequeiro, indicando que sob déficit hídrico esse genótipo teve menor crescimento dos ramos, o que corrobora com os resultados encontrados por vários pesquisadores, tanto para café arábica (AMARAL; RENA; AMARAL, 2006), quanto para café Conilon (PARTELLI et al., 2014), cujas taxas de crescimento foram maiores para os cafeeiros que receberam maiores lâminas de água.

Tabela 5 - Análise de variância do diâmetro de copa em centímetros de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Genótipos	9	2,893	1,024*	0,446
Blocos	3	2,305	0,816	0,496
Erro 1	27	2,825		
Regime hídrico	1	0,296	0,150	0,701
Genótipos * Regime hídrico	9	9,860	4,993*	0,000
Erro 2	30	1,974		
Genótipos	79			
CV 1 (%) = 32,27				
CV 2 (%) = 26,98				

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Do autor (2017)

Tabela 6 - Diâmetro de copa médio de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).

Genótipos	Diâmetro de copa			
	Diâmetro de copa inicial		Incremento crescimento final	
	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado
3	176,25	162,50	13,7bB	35,0aA
4	180,63	185,63	19,4bA	24,4aA
5	182,38	201,88	25,7bA	25,0aA
7	177,50	196,25	20,6bA	27,5aA
9	173,13	181,25	23,7bA	28,1aA
12	92,38	188,75	98,2bA	15,0aB
19	178,13	182,50	20,6bA	33,1aA
20	198,13	164,38	40,6bA	29,2aA
21	211,88	195,00	25,6bA	18,1aA
23	171,67	195,00	25,6bA	37,5aA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo de comparação, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2017)

4.3 Diâmetro de caule

Com base nas Tabelas 7 e 8, pode-se observar que não houve diferenças entre os genótipos e entre sistemas de irrigação, quanto ao diâmetro do caule, diferentemente do encontrado por Maller et al. (2011) e Santana, Oliveira e Quadros (2004), que compararam duas cultivares de cafeeiros, Obatã e IAPAR 59, em dois regimes hídricos (sequeiro e irrigado), na fase de formação inicial da lavoura, em que o diâmetro de caule dos cafeeiros irrigados, para as duas cultivares, foi maior do que o não irrigado. Essa diferença pode ter se dado pelo fato de cafeeiros mais novos apresentarem maior taxa de crescimento na fase de formação do que na fase de produção (AMARAL, 1991; CARVALHO et al., 1993).

Tabela 7 - Análise de variância do diâmetro de caule (DCA) em milímetros de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Genótipos	9	1,182	1,943	0,088
Blocos	3	0,566	0,931	0,439
Erro 1	27	0,608		
Regime hídrico	1	2,177	3,157	0,085
Genótipos * Regime hídrico	9	0,329	0,478	0,878
Erro 2	30	0,689		
Genótipos	79			
CV 1 (%) = 26,21				
CV 2 (%) = 27,89				

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Do autor (2017)

Tabela 8 - Diâmetro de caule médio de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).

Genótipos	Diâmetro de caule			
	Diâmetro de caule inicial		Incremento Crescimento final	
	Sequeiro	Irigado	Sequeiro	Irigado
3	59,20	57,81	6,7aA	5,7aA
4	55,90	54,32	5,0aA	7,5aA
5	60,11	60,11	6,7aA	8,0aA
7	53,45	60,86	8,4aA	11,0aA
9	55,76	54,49	11,8aA	12,6aA
12	55,65	54,60	6,5aA	13,5aA
19	58,45	57,16	9,0aA	1,9aA
20	62,29	55,90	5,2aA	4,0aA
21	58,77	58,35	7,9aA	10,9aA
23	68,26	57,41	6,1aA	8,7aA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo de comparação, pelo de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2017)

4.4 Índice de área foliar (IAF)

Nas Tabelas 9 e 10 abaixo, estão apresentadas a análise de variância para o índice de área foliar e a tabela de IAF médio, respectivamente.

Tabela 9 - Análise de variância do índice de área foliar (IAF) de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Genótipos	9	0,076	0,417	0,914
Blocos	3	0,039	0,213	0,886
Erro 1	27	0,183		
Regime hídrico	1	0,241	4,532	0,041
Genótipos * Regime hídrico	9	0,231	4,330*	0,001
Erro 2	30	0,053		
Genótipos	79			
CV 1 (%) = 21,8				
CV 2 (%) = 11,77				

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Do autor (2017)

Tabela 10 - Índice de área foliar médio de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação)

Genótipos	IAF			
	IAF inicial		Incremento Crescimento final	
	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado
3	4,10	3,63	1,7aA	2,9aA
4	4,08	4,89	1,9aA	3aA
5	4,48	6,37	2,9aA	3,9aA
7	4,41	5,84	2,4aB	3,9aA
9	4,09	4,88	2,6aA	3,1aA
12	1,21	5,23	4,5aA	1,8aB
19	4,86	5,05	2,5aA	3,4aA
20	5,68	2,61	3,1aA	4,2aA
21	6,67	5,70	3,4aA	2,1aA
23	2,78	5,55	2,5aA	3,4aA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo de comparação, pelo de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2017)

Pode-se observar, na Tabela 9, que a interação genótipos * regime hídrico foi significativa. Comparando os genótipos dentro de cada sistema, não houve diferenças, apenas analisando os genótipos entre sistemas.

Verifica-se que o genótipo 7 apresentou menor IAF em condição de sequeiro do que irrigado e o genótipo 12 apresentou maior IAF em sequeiro do que irrigado. De maneira geral, a irrigação aumenta o IAF em cafeeiro, conforme relatado por Carvalho et al. (2006) e Rezende et al. (2010) que observaram maior diâmetro de copa e altura de plantas em cafeeiros irrigados. O fato do genótipo 12 submetido ao sequeiro ter apresentado maior IAF do que o irrigado pode estar relacionado à sua arquitetura, uma vez que as plantas desse tratamento se

apresentaram mais ramificadas, lateralmente, o que implicou maior diâmetro de copa e, conseqüentemente, maior IAF.

Os IAF dos demais genótipos não apresentaram diferenças entre os dois sistemas, o que, em termos práticos, indica uma mesma capacidade de produção tanto no sistema sequeiro quanto no irrigado para esses dois anos de avaliação, pois o IAF ($m^2 m^2$) é a relação funcional existente entre a área foliar e a área do terreno ocupada pela cultura. Considerando que o rendimento agrícola é expresso pela quantidade de matéria colhida por unidade de área, é válido expressar a área foliar sobre a mesma base do rendimento (WATSON, 1952).

4.5 Produtividade

De acordo com a análise de variância, observou-se interação entre genótipos, regime hídrico e época para produtividade, ou seja, a produtividade dos genótipos foi dependente do regime hídrico e variou com a safra avaliada. A produtividade do cafeeiro, de acordo com DaMatta e Ramalho (2006), é altamente dependente do clima que variou de um ano para outro de acordo com os gráficos de balanço hídrico no Anexo I.

Considerando a safra 2012/2013, ano de baixa produção e ano da primeira avaliação, pode-se notar que, dentro do mesmo sistema, os genótipos não apresentaram diferença significativa entre si. Nesse ano, quando se comparam os genótipos sob regimes hídricos diferentes, podemos perceber que apenas o genótipo 4 foi menos produtivo no sistema sequeiro do que no irrigado. Os demais genótipos não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os dois sistemas. Enfatiza-se que a suspensão da irrigação, para o sistema sequeiro, ocorreu aos 24 meses, após o plantio, ou seja, em março de 2013. Dessa forma, o déficit hídrico dessa safra foi imposto por um período de três meses (março a junho), antes da colheita, na fase de maturação dos frutos.

Para a safra 2013/2014, podemos perceber que os genótipos sob irrigação não diferiram entre si quanto à produtividade. Ressalta-se que, nessa safra, não houve suspensão da irrigação, para uniformização do florescimento, o que indica que, na ausência de déficit hídrico, os genótipos possuem potenciais produtivos semelhantes. Já quando submetidos ao tratamento de sequeiro, observa-se que houve diferença significativa entre eles, sendo possível separá-los em três grupos distintos, cujos genótipos 7, 9, 12 e 19 foram os mais produtivos, seguidos pelos genótipos 5, 20 e 23 e, posteriormente, pelos 3, 4 e 21 que foram os menos produtivos. Isso sugere uma tolerância diferencial dos genótipos quanto ao déficit hídrico, pois, no sistema sequeiro, houve um grande déficit hídrico de janeiro a outubro, chegando somente, no

mês de setembro, a acumular mais de 50 mm de deficiência hídrica. Quando se compara a produtividade dos genótipos entre dois regimes hídricos, verifica-se que os genótipos 7, 12 e 19 não apresentaram diferença significativa, em termos de produtividade entre sistema irrigado e sequeiro, evidenciando a característica de tolerância a seca nesse ano desses materiais. No ano 2014, tivemos um balanço hídrico negativo, ao longo de quase todo o ano; somente a partir do mês de novembro tivemos um acumulado positivo, porém muito aquém da média histórica para o ano, ficando abaixo dos 50 mm, o que provavelmente prejudicou a safra seguinte.

Na safra de 2014/2015 sob irrigação, os genótipos 7, 9, 12, 19 e 23 apresentaram maiores produções que os demais. Nessa safra, houve a suspensão da irrigação no sistema irrigado no período de 28/06/2014 a 05/09/2014, para uniformização do florescimento. Nesse período, ocorreu um déficit hídrico de, aproximadamente, 100 mm. Portanto a superioridade da produtividade dos genótipos 7, 9, 12, 19 e 23 no sistema irrigado indicam que esses genótipos foram tolerantes ao déficit hídrico ocorrido nesse período. Por outro lado, para os demais genótipos, o déficit ocorrido nesse período foi suficiente para ter reflexos negativos na produtividade. Destaca-se que em razão do balanço hídrico negativo ocorrido, no ano de 2014, para o regime de sequeiro, a produtividade foi nula na maioria dos genótipos, com exceção dos genótipos 4 e 7 que apresentaram baixas produtividades. O genótipo 4 caracterizou-se com um dos menos produtivos no sistema sequeiro, o que pode indicar que esse genótipo tem características que priorizam a sobrevivência em detrimento da produtividade. Tal fato pode estar ligado à bienalidade do cafeeiro que é comumente atribuída à diminuição das reservas das plantas, em anos de safra com altas produtividades, fazendo que ocorra menor crescimento dos ramos plagiotrópicos e menor produção no ano seguinte, visto que, nem mesmo práticas como a irrigação são capazes de modificar este comportamento (DAMATTA et al., 2007; SILVA; TEODORO; MELO, 2008). Já a produtividade do genótipo 7 em sequeiro, nessa safra, evidencia mais uma vez a potencial tolerância à seca desse genótipo, uma vez que se destacou como produtivo, no sequeiro em 2013/2014 e irrigado (com período de déficit); todos os genótipos produziram mais em sistema irrigado do que em sequeiro.

O déficit hídrico ocorrido em 2014 influenciou a produção dos tratamentos de sequeiro, pois, segundo Camargo e Camargo (2001), o ciclo fenológico do cafeeiro arábica pode ser dividido em seis fases distintas, durante dois anos; no primeiro ano fenológico, considerado o período vegetativo, é formado por uma fase inicial de vegetação e formação de gemas florais, de setembro a março e outra fase de indução e maturação das gemas florais, de abril a agosto. O período reprodutivo, durante o segundo ano fenológico, inicia-se pelo

estádio da florada, dessa forma, a falta de chuva em um ano pode interferir na produção do ano seguinte.

Para safra 2015/2016, ano de safra alta, verifica-se que, dentre os sequeiros, não houve diferença significativa entre os genótipos, porém entre os irrigados; os genótipos 5, 9, 19, 20, 21 e 23 foram mais produtivos. Quando comparamos o mesmo genótipo submetido a dois regimes hídricos diferentes, observa-se que o genótipo 12 apresentou maior produtividade em condições de sequeiro e que os tratamentos 3, 5, 7, 9, 19, 20 e 21 não apresentaram diferença significativa entre as produtividades sob sequeiro e irrigado. Somente o genótipo 23 apresentou menor produtividade sob sistema sequeiro em relação ao irrigado. O balanço hídrico no ciclo 2015/2016 apresentou-se deficiente, ficando no negativo, para quase todos os meses do ciclo fenológico do cafeeiro, apresentando balanço positivo somente no mês de janeiro de 2016, de acordo com o Anexo I

No presente trabalho, verifica-se efeito positivo da irrigação sobre os genótipos, especialmente, no ano de 2015, ano este que foi prejudicado por uma grande seca ocorrida em 2014, ano em que a precipitação média anual foi 74% menor que a média histórica. Vários autores, estudando o efeito da irrigação em cafeeiros, verificaram que as plantas de café, quando submetidas à irrigação, apresentavam-se mais produtivas que as plantas não irrigadas. Paiva et al. (2011), na região Sul do estado de Minas Gerais, mostraram que a irrigação adequada, no período crítico para o cafeeiro, proporcionou ganhos da ordem de 27,5% na produtividade média de seis safras, quando comparado com o tratamento não irrigado.

Ganhos em produtividade também são relatados por Assis et al. (2009) e Scalco et al. (2008, 2011), comprovando cientificamente que a irrigação é eficiente para o aumento na produção de café.

Contudo foi possível destacar, no presente experimento, que os genótipos 7, 9, 12 e 19 sobressaíram entre os demais quanto às produtividades, em condições de sequeiro, principalmente, o genótipo 7, que apresentou capacidade de produção, mesmo na safra 2014/2015, quando ocorreu seca severa na região na fase de florescimento e pegamento dos chumbinhos. Dessa maneira, podemos dizer que estes genótipos, em destaque, apresentam grande tolerância à seca, pois, mesmo em desvantagem no quesito irrigação, eles apresentaram produções semelhantes do que quando submetidos à irrigação. Quando comparamos a produtividade dos quatro genótipos que se destacaram (7, 9, 12 e 19), em condições de sequeiro com a produtividade de uma lavoura de catuaí IAC 62 irrigada, padrão da fazenda em que foi realizado o experimento, verificamos que os genótipos em questão, mesmo em sequeiro, foram sempre mais produtivos que o catuaí IAC 62. No ano de 2013, os

genótipos 7, 9, 12 e 19 produziram 33,2; 51,2; 34,2 e 45,6 sacas/há, respectivamente. Para 2014, os mesmos 4 genótipos produziram 114,4; 61,8; 102,8 e 101,7 sacas/ha. Em 2015, em virtude do déficit hídrico do ano anterior, não se teve produção no sequeiro e, em 2016, os quatro genótipos em destaque 7, 9, 12 e 19 produziram 56,3; 81,2; 60,3 e 87,2 sacas/ha, respectivamente, contra 20; 56; 61 e 45 sacas/ ha do catuaí IAC 62 para os anos de 2013, 2014, 2015 e 2016.

Tabela 11 - Análise de variância para produção em sc/ha de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Genótipos	9	18,657	5,298*	0,001
Blocos	2	6,671	1,894	0,179
Erro 1	18	3,521		
Regime hídrico	1	304,06	176,52*	0
Genótipos*Regime hídrico	9	5,694	3,306*	0,012
Erro 2	20	1,722		
Épocas	3	260,167	224,334*	0
Genótipos*Épocas	27	6,743	5,814*	0
Regime Hídrico* Épocas	3	79,516	68,3565*	0
Genótipos*Regime hídrico*Épocas	27	4,784	4,125*	0
Erro 3	120	1,159		
Total	239			

CV 1 (%) = 29,00

CV 2 (%) = 20,28

CV 3 (%) = 16,64

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Do autor (2017)

Tabela 12 - Produção média de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).

Cultivares	Produtividade sc.ha ⁻¹							
	2013		2014		2015		2016	
	Irr	Seq	Irr	Seq	Irr	Seq	Irr	Seq
3	33,4aA	29,5aA	83,8aA	16,5cB	37,2bA	0aB	49,5bA	52,3aA
4	43,6aA	15,4aB	63,9aA	7cB	14,1bA	8aB	50,9bA	28,6aB
5	18,7aA	15,4aA	96,1aA	46,8bB	36,3bA	0aB	76,3aA	66,1aA
7	24,4aA	33,2aA	114,4aA	114,6aA	52,1aA	15,9aB	64,2bA	56,3aA
9	48,7aA	51,2aA	139,4aA	61,8aB	77,2aA	0aB	97,1aA	81,2aA
12	20,7aA	34,2aA	118,8aA	102,8aA	44,9aA	0aB	30,4bB	60,3aA
19	29,9aA	45,6aA	106,4aA	101,7aA	68,5aA	0aB	88,7aA	87,2aA
20	35,6aA	22,8aA	69,3aA	41,2bB	38,9bA	0aB	95,3aA	66,6aA
21	49,6aA	37,8aA	92,8aA	20,5cB	21,3bA	0aB	74,5aA	45,4aA
23	8,9aA	14,1aA	116,3aA	37,4bB	86,8aA	0aB	87,8aA	48aB

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo de comparação, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2017)

4.6 Rendimentos

De acordo com a análise de variância, observou-se interação entre genótipos, regime hídrico e época para rendimento de grãos, Tabela 13.

Observa-se, na Tabela 14, para o ano de 2013, que, quando comparamos os genótipos dentro do tratamento irrigado, não houve diferença significativa no rendimento entre eles e o mesmo acontece para o sequeiro. Quando se compara a mesma cultivar, nos dois regimes hídricos diferentes, apenas o genótipo 4, no sequeiro, apresentou menor rendimento em relação a ele mesmo, quando irrigado, em que 100 kg de café em coco renderam 35,3 kg de café beneficiado, para o sequeiro e 49,7 kg de café beneficiado, para o tratamento irrigado para esse ano de avaliação. O mesmo genótipo também apresentou menor produção em sacas/ha, no mesmo ano, quando também submetido ao sequeiro.

Para o ano de 2014, ano de safra alta, ano em que as plantas são mais exigidas nutricionalmente pela maior força de dreno dos frutos, nota-se que dentre os tratamentos irrigados não houve diferença no rendimento entre eles. Tal fato pode ser explicado pelo fornecimento de água constante e nos momentos adequados por meio da irrigação. Entre os genótipos em sequeiro, assim como ocorreu para a produção em 2014, houve algumas diferenças entre os genótipos; somente os genótipos 3, 7, 19 e 21 apresentaram rendimento acima de 50% e não apresentaram diferenças em rendimento dentre os dois regimes hídricos.

No ano de 2015, não houve diferenças entre o rendimentos dos genótipos sob irrigação. Entretanto, sob sequeiro, considerando o rendimento dos genótipos que produziram esse ano, o rendimento das parcelas irrigadas foi superior às parcelas no sequeiro. No ano de 2016, os resultados foram os mesmos dos que ocorreram em 2013.

Saber o quanto vai colher é sempre uma informação desejada por parte dos produtores e, quando se fala em cafeicultura, é comum o produtor estimar a safra em função do rendimento da lavoura. Clemente, Faria e Guimarães (2002) estudaram o efeito da época de irrigação na produtividade e no rendimento do café da roça e concluíram que as plantas irrigadas apresentaram produtividade acima de 60 sc/ha, sendo essa superior às demais. Com relação ao rendimento, relatam que as plantas irrigadas entre os meses de abril/ junho apresentaram o pior rendimento (540 L sc /ha¹), já as irrigadas entre ago/out apresentaram o melhor rendimento (465 L sc/ha). Atribuíram esse fato ao somatório dos maiores percentuais de frutos nos estádios seco e passa (52,54%), no momento da colheita. Melo et al. (2005) irrigaram plantas da cultivar acaiaí cerrado, com lâmina de 120% da ECA por gotejamento e conseguiram rendimento de 437 L sc/ha e produtividade média de 48,51 sc/ha, na região de

Uberlândia, MG, para a safra de 2004. Rezende et al. (2006), avaliando lâminas de irrigação em lavoura cafeeira recepada, cultivar Topázio MG-1190, aos 65 meses após plantio, verificaram que, com a prática da irrigação, houve aumentos de produtividade do cafeeiro e maior rendimento. Diante desses resultados encontrados, observamos que os genótipos analisados apresentam grande tolerância à seca, pois, mesmo em condições de déficit hídrico severo, eles apresentaram rendimentos semelhantes aos irrigados que, como relatado anteriormente, teriam grande vantagem com a irrigação.

Entre os genótipos mais produtivos e com bom rendimento de grãos, em condições de sequeiro, destacaram-se os genótipos 7 e 19

Tabela 13 - Análise de variância para rendimento em kg de café em coco/ kg de café beneficiado de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Genótipos	9	119,453	1,267*	0,318
Blocos	2	185,15	1,963	0,169
Erro 1	18	94,302		
Regime hídrico	1	9072,85	422,774*	0
Genótipos*Regime hídrico	9	134,163	6,252*	0
Erro 2	20	21,46		
Épocas	3	8615,43	306,695*	0
Genótipos*Épocas	27	70,248	2,501*	0
Regime Hídrico* Épocas	3	4587,89	163,321*	0
Genótipos*Regime hídrico*Épocas	27	155,931	5,551*	0
Erro 3	120	28,091		
Total	239			
CV 1 (%) = 22,63				
CV 2 (%) = 10,80				
CV 3 (%) = 12,35				

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Do autor (2017)

Tabela 14 - Rendimento médio kg de café em coco/ kg de café beneficiado de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).

Cultivares	Rendimento							
	2013		2014		2015		2016	
	Irr	Seq	Irr	Seq	Irr	Seq	Irr	Seq
3	47,9 aA	51,1 aA	49,0 aA	51,1 aA	41,1 aA	0,00 cB	47,3 aA	48,2 aA
4	49,7 aA	35,3 aB	47,6 aA	38,1 bB	28,8 aA	22,1 bB	55,5 aA	36,8 aB
5	48,1 aA	48,2 aA	53,5 aA	34,7 bB	47 aA	0,00 cB	50,3 aA	46,5 aA
7	48,6 aA	50,3 aA	49,7 aA	53,6 aA	44,0 aA	36,2 aB	49,2 aA	48,0 aA
9	50,6 aA	51,4 aA	54,9 aA	38,6 bB	47,6 aA	0,00 cB	51,3 aA	50,2 aA
12	51,4 aA	48,5 aA	53,1 aA	42,9 bB	45,3 aA	0,00 cB	42,9 aA	50,7 aA
19	48,9 aA	49,8 aA	56,2 aA	51,9 aA	45,9 aA	0,00 cB	48,1 aA	51,6 aA
20	52,0 aA	52,9 aA	54,7 aA	45,8 bB	46,4 aA	0,00 cB	52,5 aA	46,7 aA
21	52,5 aA	50,2 aA	54,6 aA	54,0 aA	45,0 aA	0,00 cB	51,4 aA	46,3 aA
23	44,9 aA	47,0 aA	54,1 aA	42,7 bB	48,9 aA	0,00 cB	49,9 aA	47,2 aA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo de comparação, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2017)

4.7 Peneira

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 (BRASIL, 2003).

Segundo Bártholo e Guimarães (1997), a classificação do produto quanto ao tipo se refere ao seu aspecto e quantidade de defeitos, sendo o aspecto influenciado pela coloração dos grãos e os defeitos oriundos de impurezas (extrínsecos) ou imperfeições dos grãos (intrínsecos). A classificação quanto a peneiras refere-se ao formato dos grãos e à 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; já os grãos tipo moca são constituídos de grãos com formato ovoide, também com ranhura central no sentido longitudinal (BRASIL, 2003).

De acordo com a Tabela 16, verificamos que, no ano de 2013, não houve diferença significativa entre os genótipos analisados, para nenhum dos dois tratamentos (sequeiro e irrigado), ou seja, todos os genótipos se comportaram da mesma maneira tanto na presença ou ausência da irrigação, não apresentando diferença significativa quanto à porcentagem de grãos peneira 17 acima. Essa não diferenciação, ocorrida entre os tratamentos, pode estar relacionada ao fato de a irrigação do sequeiro ter sido cortada apenas três meses antes da colheita, colaborando para um bom enchimento dos grãos dos tratamentos de sequeiro, pois, de acordo com Santinato, Fernandes e Fernandes (1996), quando se fornece água no momento

certo, possivelmente, não só garante a formação, granação e enchimento dos grãos, evitando assim o aparecimento de grãos chochos e mal granados.

Em 2014, não houve diferenças entre os genótipos dentro de um mesmo regime hídrico quanto à porcentagem de grãos peneira 17 acima, porém os genótipos 5 e 9 apresentaram menor porcentagem de peneira 17 acima em sistema de sequeiro comparado ao irrigado.

No ano de 2015, também não se verificaram diferenças entre os genótipos no sistema irrigado. No sistema de sequeiro, nos genótipos que produziram, 4 e 7, a porcentagem de grãos 17 acima não diferiu entre ambos sistemas. Camargo (1987) relata que, nas condições da região Centro-Sul, o déficit hídrico na fase de chumbinho atrasa o crescimento dos frutos, resultando em peneira baixa, além de reduzir a produtividade. O tamanho final do grão cereja depende acentuadamente das precipitações ocorridas, no período de 10 a 17 semanas, após o florescimento, período esse considerado de expansão rápida do fruto. Essa fase de rápida expansão celular é a fase que vai delimitar o tamanho do grão, sendo ela muito sensível ao déficit hídrico (RENA; MAESTRI, 1987).

Semelhantemente aos anos anteriores, em 2016, não foram observadas também diferenças entre genótipos dentro de um mesmo sistema. Entretanto, quando se compara sistema sequeiro e irrigado, observa-se que, mesmo vindo de dois anos de baixas precipitações, em 2014 e 2015, tivemos 947,7 e 459,7 mm abaixo da média histórica, respectivamente; os genótipos 7, 9, 12, 20 e 23, quando não irrigados, não apresentaram diferença significativa na porcentagem de grãos peneira 17 acima.

De maneira geral, para todos os quatro anos de avaliação, podemos dar destaque ao genótipo 7, no quesito peneira 17 acima, pois, em todos os anos, a porcentagem de grão 17 acima desse genótipo foi sempre igual para o tratamento de sequeiro e irrigado, ou seja, mesmo em condições de déficit hídrico, esse genótipo se apresenta com uma taxa de grãos peneira 17 acima semelhante aos irrigados.

Tabela 15 - Análise de variância para peneira 17 acima de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Genótipos	9	7,727	1,87*	0,123
Blocos	2	1,644	0,398	0,677
Erro 1	18	4,132		
Regime hídrico	1	182,603	210,154*	0
Genótipos*Regime hídrico	9	2,376	2,735*	0,029
Erro 2	20	0,868		
Épocas	3	39,399	30,596*	0
Genótipos*Épocas	27	4,054	3,149*	0
Regime Hídrico* Épocas	3	36,026	27,976*	0
Genótipos*Regime hídrico*Épocas	27	2,694	2,092*	0,003
Erro 3	120	1,287		
Total	239			

CV 1 (%) = 45,80

CV 2 (%) = 21,00

CV 3 (%) = 25,57

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Do autor (2017)

Tabela 16 - Peneira 17 acima média de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).

Cultivares	Peneira							
	2013		2014		2015		2016	
	Irr	Seq	Irr	Seq	Irr	Seq	Irr	Seq
3	12,9aA	23,2aA	28,6aA	36,6aA	20,8aA	0bB	31,6aA	5,1aB
4	23,1aA	24,2aA	32,6aA	27,3aA	24,2aA	18,4aA	44,1aA	8,6aB
5	12,5aA	3,3aA	35,3aA	16aB	23,9aA	0bB	27,9aA	1,3aB
7	26,9aA	14,4aA	19,3aA	18,6aA	23,1aA	17aA	14,2aA	11,6aA
9	33,9aA	33,4aA	32aA	6aB	32,9aA	0bB	51,7aA	30,6aA
12	25,3aA	26,4aA	36aA	28,6aA	30,6aA	0bB	13,1aA	6,2aA
19	24,3aA	14,6aA	29,3aA	22aA	26,8aA	0bB	26,7aA	3,4aB
20	30,5aA	22,9aA	39,3aA	43,3aA	34,9aA	0bB	16aA	6,4aA
21	28,7aA	18,2aA	24aA	32aA	26,3aA	0bB	32,6aA	10,7aB
23	36,6aA	35,8aA	50,6aA	46,6aA	43,6aA	0bB	39,4aA	24,6aA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula pertencem ao mesmo grupo de comparação, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2017)

4.8 Pegamento de frutos

No sistema irrigado, os genótipos 3, 4, 5, 7, 12, 19 e 20 apresentaram maior retenção de frutos. No sequeiro, apenas o genótipo 23 apresentou-se diferente com menor retenção de chumbinhos. Comparando-se a porcentagem de queda de flor/frutos entre os dois regimes hídricos, verificou-se que a porcentagem de queda de frutos é maior no sistema irrigado, com

exceção dos genótipos 5, 21 e 23 que não apresentaram diferenças entre as porcentagens verificadas nos dois sistemas.

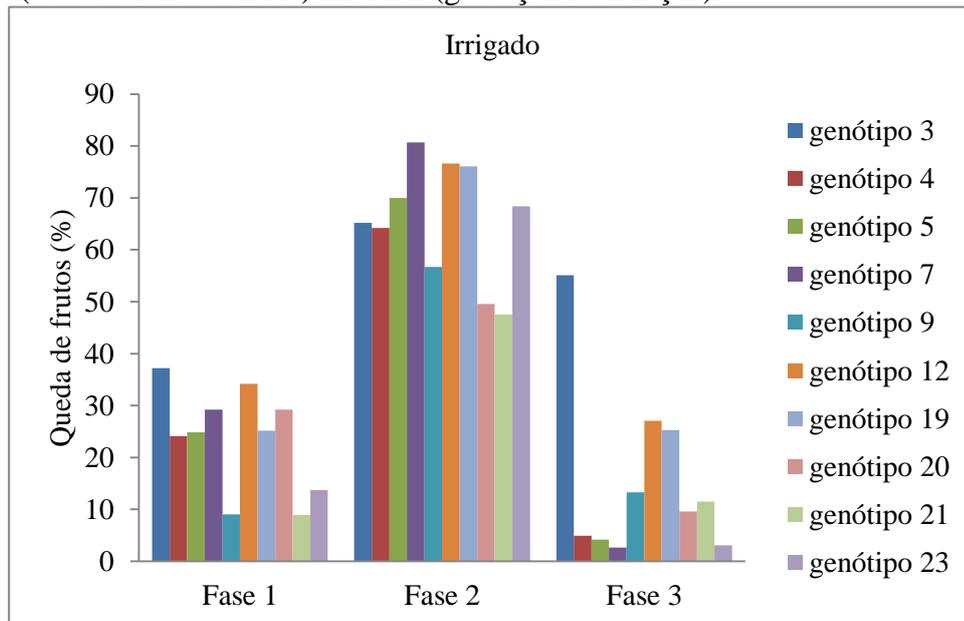
Tabela 17 – Porcentagem média de queda de frutos de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação), correspondentes às fases de flor/chumbinho(set/nov), chumbinho/chumbão (nov/mar) e granação/maturação (mar/jun).

Genótipos	Porcentagem queda de frutos					
	Flor/chumbinho		Chumbinho/chumbão		Granação/maturação	
	SET./NOV. (2015)		NOV./MAR. (2015/2016)		MAR./JUN. (2016)	
	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro
3	37,18aA	1,19bB	65,21aA	63,76aA	55,11aA	12,09bB
4	24,12aA	10,03bB	64,24aA	33,92bB	4,91bB	53,33aA
5	24,83aA	10,19bA	69,97aA	70,22aA	4,16bA	14,28bA
7	29,21aA	4,83bB	80,67aA	73,25aA	2,63bB	23,66bA
9	9,00bA	6,33bB	56,72aA	63,46aA	13,25bA	13,29bA
12	34,17aA	6,80bB	76,61aA	68,92aA	27,08aA	38,81aA
19	25,13aA	10,45bB	76,06aA	58,55aA	25,24aA	11,45bA
20	29,21aA	7,28bB	49,55aA	61,05aA	9,60bA	20,83bA
21	8,93bA	0,69bA	47,56aA	59,64aA	11,46bA	16,30bA
23	13,68bA	36,17aA	68,42aA	16,38bB	3,05bA	2,08bA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo de comparação, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

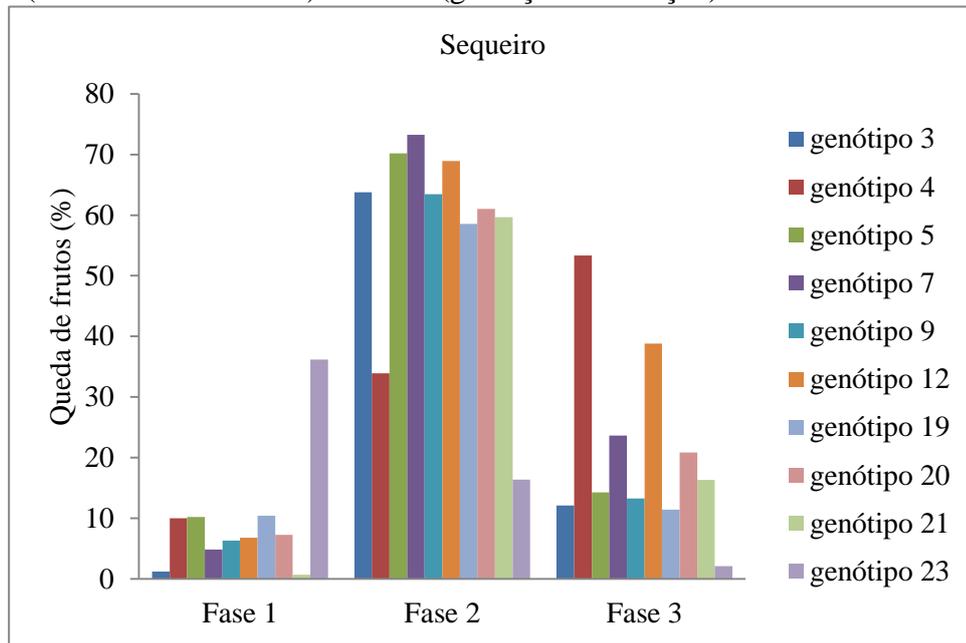
Fonte: Do autor (2017)

Figura 3 - Percentual médio de queda de frutos de 10 genótipos de cafeeiros irrigados em três diferentes fases fenológicas, Fase 1 (flor/chumbinho), Fase 2 (chumbinho/chumbão) e Fase 3 (granação/maturação).



Fonte: Do autor (2017)

Figura 4 - Percentual médio de queda de frutos de 10 genótipos de cafeeiros sem irrigação em três diferentes fases fenológicas, Fase 1 (flor/chumbinho), Fase 2 (chumbinho/chumbão) e Fase 3 (granação/maturação)



Fonte: Do autor (2017).

Observando as Figuras 3 e 4, anteriormente, percebe-se que, para os 10 genótipos analisados, tanto para os irrigados como aos de sequeiro o maior percentual de queda de frutos ocorreu na Fase 2, fase essa de chumbinho/chumbão.

A queda de frutos dos ramos do cafeeiro se caracteriza como um fenômeno que ocorre naturalmente, no entanto, em alguns casos, pode estar associada tanto a fatores bióticos e/ou abióticos (CUSTÓDIO et al., 2014; SOUZA et al., 2013). Segundo Damatta et al. (2007), há três períodos bem definidos de queda de frutos. A primeira ocorre nas quatro primeiras semanas, no estágio de chumbinho; a segunda se concentra da 5ª até a 11ª semana, durante a fase de enchimento do endosperma e a última após a 11ª semana de crescimento dos frutos.

No presente trabalho, podemos verificar que, de forma geral, para todos os 10 genótipos, tanto sob irrigação quanto em sequeiro, a maior queda de frutos ocorreu na fase que vai de chumbinho para chumbão. Resultados semelhantes foram encontrados por Dubberstein et al. (2016) que citam que a maior parte da queda de frutos ocorre, principalmente, nos primeiros três meses após o florescimento. Covre e Partelli (2013), trabalhando com cafeeiros irrigados e não irrigados no sul da Bahia, também, verificaram maior queda de frutos, na fase de chumbinho para chumbão; os não irrigados apresentaram maior queda de frutos.

Durante o crescimento dos frutos do cafeeiro, eles passam por diferentes estádios de formação. No estágio de grão chumbinho, ocorre intensa divisão celular e ausência de aumento expressivo do fruto. Durante a fase de chumbão, fase essa de rápida expansão, a divisão celular é menos significativa, no entanto ocorre maior parte da expansão celular, em que o fruto atinge de 50 a 80% do seu tamanho máximo. No período de granação, os eventos fisiológicos mais importantes estão relacionados ao endurecimento do endosperma das sementes, em virtude da deposição de substâncias de reserva. Na maturação, ocorre a mudança da coloração da casca do fruto e aumento no teor de açúcar (CUNHA; VOLPE, 2011; LAVIOLA et al., 2008).

No presente trabalho e, em alguns citados anteriormente, a queda dos frutos ocorreu justamente no período em que se inicia o acúmulo de biomassa e consequente aumento do volume do fruto. Esse fenômeno é plausível de explicação, pois, no estágio de expansão, os frutos competem por espaço nas rosetas dos ramos, fazendo com que os órgãos menores e mais fracos se desprendam e caiam (DUBBERSTEIN et al., 2016).

4.9 Raízes

Nas Tabelas 18 e 19, a seguir, é apresentado o quadro de análise de variância para diâmetro médio, volume e área do sistema radicular de 5 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (sequeiro e irrigado).

Tabela 18 - Análise de variância para diâmetro médio, volume e área do sistema radicular de 5 genótipos de cafeeiros submetidos a dois regimes hídricos (com e sem irrigação).

FV	GL	Diâmetro	Volume	Área (mm ²)
		(mm)	(mm ³)	
		QM	QM	QM
Genótipos	4	18,075	31,57,114*	2719,024*
Repetições	2	138,012*	9309,516*	29,532*
Erro 1 (Genótipos * Repetições)	8	38,907	378,553	36,467
Regime Hídrico	1	1,474*	1460,216*	42,387
Genótipos * Regime hídrico	4	54,787*	12854,318*	3097,144*
erro 2	10	25,827	847,115	102,049
Total	29			
CV 1 (%)		37,43	8,32	7,35
CV 2 (%)		30,50	12,45	12,29

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Do autor (2017)

Tabela 19 - Diâmetro (mm), volume (mm) e área (mm) média do sistema radicular de 5 genótipos de cafeeiro submetidos a dois sistemas de irrigação (sequeiro e irrigado).

Cultivares	Volume de raiz (mm ³)		Diâmetro de raiz (mm)		Área de raiz (mm ²)	
	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado
3	84,5 bA	60,3 dB	19,5 aA	11,8 aA	254,9 bA	189,2 bB
7	150,3 aA	88,2 bB	20,1 aA	16,8 aA	322,6 aA	221,9 bB
9	64,6 cB	86,1 bA	13,0 aA	19,6 aA	188,3 cB	269,9 aA
12	51,9 cB	105,1 aA	15,6 aA	21,2 aA	178,4 cB	288,7 aA
19	53,6 cB	77,1 cA	14,1 aA	15,0 aA	190,1 cA	234,4 bA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo grupo de comparação, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2017)

O conhecimento da distribuição espacial radicular permite maximizar o aproveitamento de água e nutrientes pelas diversas culturas (FUGIWARA et al., 1994). Particularmente para cafeeiros, o aprofundamento radicular é uma característica fenotípica importante, pois plantas que expressam geneticamente tal característica são classificadas como variedades resistentes à seca (BARRETO et al., 2006).

Após análises de crescimento e produção, foram selecionados quatro genótipos mais produtivos e um menos produtivo para fazer as avaliações de raízes. De acordo com a Tabela 19, podemos observar que, para o diâmetro médio das raízes, não houve diferença significativa entre os genótipos avaliados.

Comparando-se o volume e área das raízes dos genótipos no sistema sequeiro, verificou-se que o genótipo 7 apresentou maior volume e maior área radicular

Sob irrigação, o genótipo 12 apresentou o maior volume e maior área radicular. Os genótipos 7 e 9 também apresentaram maiores valores. A complexidade do sistema radicular, o crescimento e a arquitetura radicular variam, amplamente, pela interação dinâmica com um grande número de fatores físicos, químicos e biológicos do solo (GUERRA et al., 2007).

Comparando-se entre sistemas, os genótipos 9, 12 e 19 apresentaram maior volume e área radicular em sistema irrigado do que sequeiro, evidenciando efeito do déficit hídrico no desenvolvimento das raízes. Por outro lado, os genótipos 3 e 7 apresentaram maiores volumes e área radicular em sistema sequeiro, indicando uma possível estratégia de aclimação à seca, por meio da absorção de água em camadas mais profundas do solo, principalmente, a cultivar 7, que se apresentou como uma das mais produtivas, produzindo até mesmo em anos de grande déficit hídrico como o ocorrido na safra 2014/2015. Resultados semelhantes foram encontrados, em estudos do sistema radicular de plantas cultivadas, em que se demonstraram que o desenvolvimento tanto lateral quanto vertical das raízes das plantas cultivadas em

sequeiro é maior do que aquelas encontradas em plantas irrigadas, fato que pode ser explicado pela busca de água pelas raízes que é muito mais intensa nas plantas cultivadas sob regime de sequeiro. Esse aumento no desenvolvimento radicular se dá pelo fato de que, com a diminuição do potencial hídrico do solo, as plantas tendem a aumentar a capacidade de absorção de água, diminuindo a transpiração, ocasionando maior desenvolvimento do sistema radicular (SHALHAVET; HUCK; SCHOROEDER, 1995). O conhecimento da distribuição espacial radicular permite maximizar o aproveitamento de água e nutrientes pelas diversas culturas (FUGIWARA et al., 1994). Particularmente para cafeeiros, o aprofundamento radicular é uma característica fenotípica importante, pois plantas que expressam geneticamente tal característica são classificadas como variedades resistentes à seca (BARRETO et al., 2006).

5 CONCLUSÃO

Diante desses resultados, conclui-se que os genótipos 7 (H-419-5-2-4-18), 9 (H-419-5-4-5-6-1), 12 (H-419-6-2-7-1-1) e 19 (H-516-2-1-1-7-1) foram os que mais se destacaram, permanecendo sempre nos grupamentos mais produtivos e mostrando-se como mais promissores, para o prosseguimento do Programa de Melhoramento do cafeeiro, com vista à seleção para tolerância ao déficit hídrico.

REFERÊNCIAS

- AGWANDA, C. O. et al. Selection for bean and liquor qualities within related hybrids of Arabica coffee in multilocal field trials. **Euphytica**, Wageningen, v. 131, n. 1, p. 1-14, 2003.
- ALFONSI, E. L.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C. Estudo fisiológico da parte aérea e do sistema radicular e nutrição mineral de quatro espécies de *Coffea* e um híbrido natural, visando conhecer seus potenciais para utilização como porta-enxertos. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL E WORKSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2003. p. 68.
- AMARAL, J. A. T. **Crescimento vegetativo e estacional do cafeeiro e suas inter-relações com fontes de nitrogênio e fotoperíodo, fotossíntese e assimilação de nitrogênio**. 1991. 139 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1991.
- AMARAL, J. A. T.; 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.
- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; CARAMORI, P. H. **Zoneamento do café**. Brasília: Consórcio Brasileiro de pesquisas do Café; Embrapa, 2001. 1 CD-ROM.
- ASSIS, G. A. et al. Padrões de rendimento do cafeeiro em função do regime hídrico, densidade de plantio e bienalidade de produção. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISAS EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 11., 2009, Araguari. **Anais...** Uberaba: ACA/UNIUBE, 2009. 1 CD-ROM.
- BARRETO, C. V. G. et al. Distribuição espacial do sistema radicular do cafeeiro fertirrigado por gotejamento em campinas. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 641- 647, 2006.
- BARROS, R. S. et al. Decline of vegetative growth in *Coffea arabica* in relation to leaf temperature, water potential and stomatal conductance. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 54, p. 65-72, Aug. 1997.
- BÁRTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, P. T. G. Cuidados na colheita e preparo do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p. 33-42, 1997.
- BERNARDO, S. Irrigação por gotejamento. In: _____. **Manual de irrigação**. 3. ed. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1984. p. 389-392.
- BRASIL. Decreto-Lei n. 4.629, de 21 de março de 2003. Estabelece critérios técnicos de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 13 jun. 2003, p. 4. Seção 1. Disponível em: <www.agricultura.gov.br/legislação/SISLEGIS>. Acesso em: 18 set. 2017.
- CAMARGO, A. P. Balanço hídrico, florescimento e necessidade de água para o cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 53-90.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.

CARVALHO, A. et al. **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. v. 1, 76 p.

CARVALHO, A.; FAZUOLI, L. C. Café. In: FURLANI, A. M. C., VIÉGAS, G. P. **O melhoramento de plantas do Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. p. 29-76.

CARVALHO, C. H. M. et al. Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas intensidades de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 243-250, mar./abr. 2006.

CLEMENTE, F. M. V. T.; FARIA, M. A.; GUIMARÃES, R. J. Produtividade, rendimento, maturação 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., 2002, Araguari. **Anais...** Araguari: UFU, 2002. p. 33-36.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: café, safra 2016, quarto levantamento**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 07 mar. 2017.

COVRE, A. M.; PARTELLI, F. L. Nitrogênio em folhas e frutos de café Conilon irrigado e não irrigado, no estado da Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 8., 2013, Salvador. **Resumos Expandidos...** Brasília: Embrapa Café, 2013. 1 CD-ROM.

CUNHA, A. R.; VOLPE, C. A. Curvas de crescimento do fruto de cafeeiro cv. Obatã IAC 1669-20 em diferentes alinhamentos de plantio. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 49-62, jan./mar. 2011.

CUSTÓDIO, A. A. P. et al. Florescimento de cafeeiros sob manejos de irrigação, faces de exposição solar e posições na planta. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 245-257, abr./jun. 2014.

DAMATTA, F. M. et al. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 19, n. 4, p. 485-510, Oct./Dec. 2007.

DAMATTA, F. M. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 16, n. 1, p. 1-6, Jan./Apr. 2004.

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**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 55-81, Jan./Mar. 2006.

- DUBBERSTEIN, D. et al. Matéria seca em frutos, folhas e ramos plagiotrópicos de cafeeiros cultivados na Amazônia ocidental. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 74-81, jan./mar. 2017.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA; UNIVERSIDADE DE CAMPINAS. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://mudancas climáticas. cptec.inpe.br>>. Acesso em: 22 mar. 2017.
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Cultivares de café**. Disponível em: <www.epamig.br>. Acesso em: 20 mar. 2017.
- FAVARIN, J. L. et al. Equações para estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 769-773, jun. 2002.
- FERRÃO, R. G. et al. Genética e melhoramento: desenvolvimento e recomendação de cultivares com tolerância a seca para o Espírito Santo. **Incapar em Revista**, Vitória, v. 6/7, n. 4, p. 51-71, dez. 2016.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.
- FORSYTHE, W. **Física de suelos**: manual de laboratório. New York: University, 1975. 324 p.
- FRANCO, C. M.; INFORZATO, R. O sistema radicular do cafeeiro nos principais tipos de solo do estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 6, n. 9, p. 443-458, 1946.
- FREITAS, R. B. et al. Comportamento fisiológico de dois cultivares de *Coffea arabica* L. submetidos a duas condições de disponibilidade hídrica. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2000. v. 2, p. 917-919.
- FUGIWARA, M. et al. **A técnica de estudo de raízes pelo método do trado**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1994. 9 p. (Boletim Técnico IAC nº 153).
- GOMES, N. M.; LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P. Crescimento vegetativo e produtividade do cafeeiro irrigado no sul do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 6, p. 564-570, nov./dez. 2007.
- GUERRA, A. F. et al. Crescimento vegetativo e produção de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) recepados em duas épocas conduzidas em espaçamentos crescentes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 7, p. 643-649, 2007.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas**: desvio de precipitação trimestral. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 07 mar. 2017.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2013: The physical science basis**. Georgia: IPCC, 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Summary for policymakers. In: _____. **Climate change 2007: the physical sciences basis**. Paris, 2007. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml>. Acesso em: 22 mar. 2017.

JORGE, L. A. C.; RODRIGUES, A. F. O. **Safira**: sistema de análise de fibras e raízes. São Carlos: Embrapa, 2008. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

LAVIOLA, B. G. et al. Acúmulo em frutos e variação na concentração foliar de NPK em cafeeiro cultivado em quatro altitudes. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 19-31, jan./mar. 2008.

LIMA, C. B.; SANTOS, R. F.; SIQUEIRA, J. Análise da variação das temperaturas mínimas para Cascavel-PR. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Palotina, v. 1, p. 1-21, 2011.

MALLER, A. et al. Variação do diâmetro de caule de duas cultivares de cafeeiros sob fertirrigação e regimes hídricos. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA, 7., 2011, Maringá. **Anais...** Maringá: EPCC, 2011. 1 CD-ROM.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil**: novo manual de recomendações. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2005. 438 p.

MEDINA FILHO, P. H.; BORDIGNON, R.; CARVALHO, C. H. S. Desenvolvimento de novas cultivares de café arábica. In: CARVALHO, C. H. S. (Ed.). **Cultivares de café**: origem características e recomendações. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. p. 79-102.

MELO, B. et al. Desenvolvimento e produtividade de cultivares de cafeeiro submetido à irrigação em diferentes espaçamentos na linha de plantio: safra 2004. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 7., 2005, Araguari. **Anais...** Araguari: UFU, 2005. p. 54-56.

NAZARENO, R. B. et al. Crescimento inicial do cafeeiro Rubi em resposta a doses de nitrogênio, fósforo e potássio e a regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 8, p. 903-910, ago. 2003.

PAGLIS, C. M. et al. Sistema radicular do café Siriema cultivado sob restrição hídrica. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DE CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Anais...** Vitória: SBICafé, 2009. 1 CD-ROM.

PAIVA, R. N. et al. Irrigação suplementar em cafeeiros do sul de minas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 37., 2011, Poços de Caldas. **Trabalhos Apresentados...** Poços de Caldas: CBP&D Café, 2011. 1 CD-ROM.

PARTELLI, F. L. et al. Acúmulo de matéria seca e macronutrientes em frutos de café Conilon com diferentes épocas de maturação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 38, n. 1, p. 214-222, fev. 2014.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Exigência térmica do café arábica cv. Mundo Novo no subperíodo florescimento-colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, n. 32, v. 6, p. 1781-1786, 2008.

PRAXEDES, S. C. et al. Effects of long-term soil drought on photosynthesis and carbohydrate metabolism in mature robusta coffee (*coffea canephora* Pierre var. *Kouillou*) leaves. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 56, n. 3, p. 263-273, July 2006.

RAIJ, B, V. Melhorando o ambiente radicular em subsuperfície. **Informações Agronômicas**. Piracicaba, n. 135, p. 8-18, 2011.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. **Ecofisiologia do cafeeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1987. 249 p.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEEIRO, 1., Poços de Caldas, 1984. **Anais...** Piracicaba: POTAFÓS, 1986. p. 13-85.

REZENDE, F. C. et al. Cafeeiro recepado e irrigado em diferentes épocas: produtividade e qualidade. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 3, p. 229-236, 2010.

REZENDE, F. C. et al. 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, jul./dez. 2006.

SAKAI, E. et al. Efeito do desenvolvimento do sistema radicular na produtividade do cafeeiro enxertado em Mococa, SP. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2000. v. 1, p. 58-61.

SANTANA, M. S.; OLIVEIRA, C. A. S.; QUADROS, M. Crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro adensado influenciado por níveis de irrigação localizada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 644-653, set./dez. 2004.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. Campinas: Arbore, 1996. 146 p.

SCALCO, M. S. et al. Cultivo irrigado e não irrigado do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em plantio superadensado. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 3, p. 193-202, set/dez. 2011.

SCALCO, M. S. et al. Produtividade do cafeeiro em função do regime hídrico e do adensamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISAS EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 10., 2008, Araguari. **Anais...** Araguari: ACA, 2008. p. 94-99.

SHALHAVET, J.; HUCK, M. G.; SCHOROEDER, B. P. Root and shoot growth responses to salinity in maize and soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, p. 512-516, 1995.

SILVA, C. A.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 387-394, 2008.

SOUZA, J. C. et al. Controle químico da broca-do-café com Cyantraniliprole. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 4, p. 404-410 out./dez. 2013.

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

THE CLIMATE INSTITUTE. **A Brewing storm**: the climate change risks to coffee. 2016. Disponível em: <http://www.climateinstitute.org.au/verve/_resources/TCI_A_Brewing_Storm_FINAL_WEB270916.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2017.

THOMAZIELLO, R. A. et al. **Café arábica**: cultura e técnicas de produção. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 82 p. (Boletim técnico, IAC n. 187).

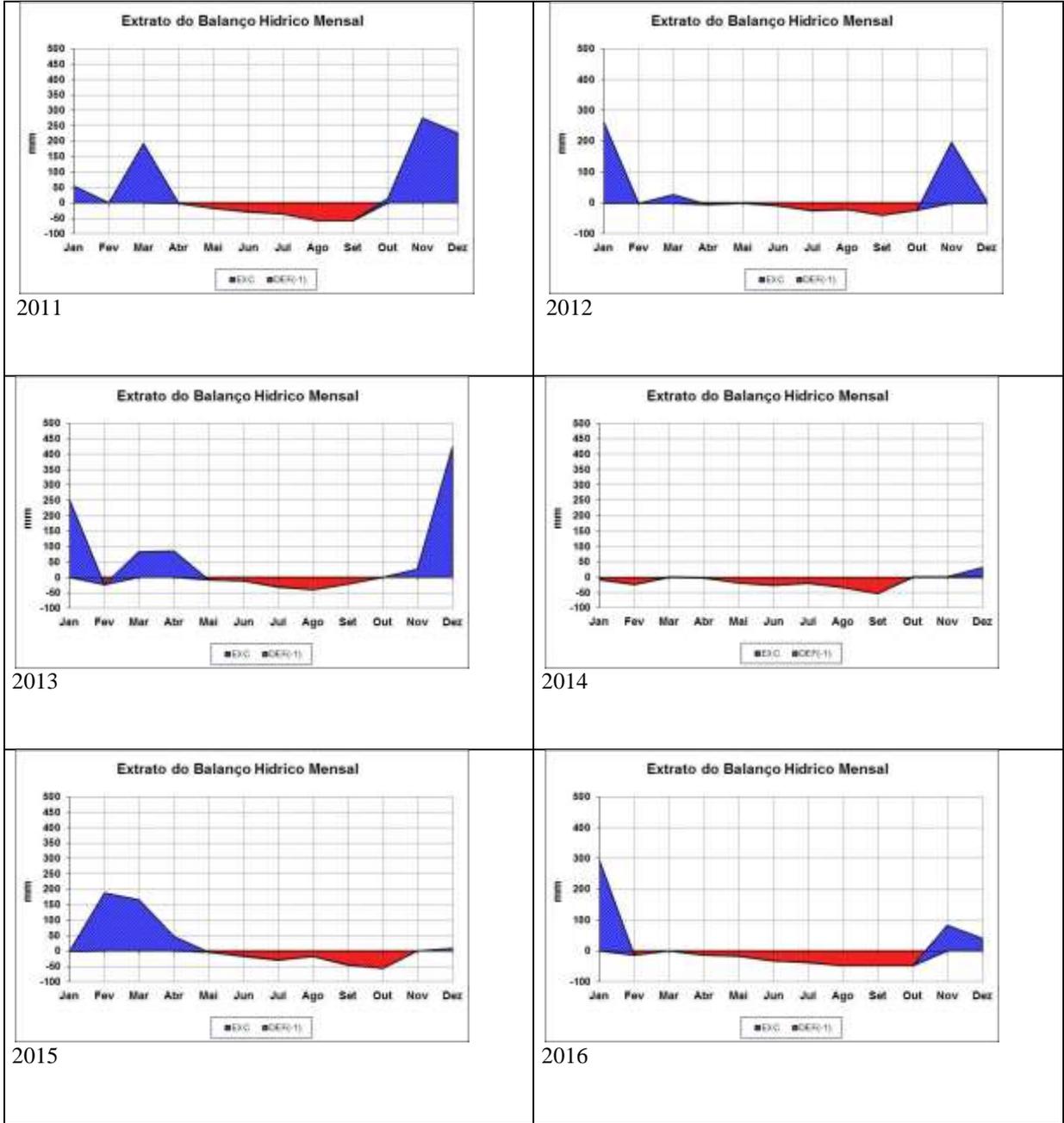
VENTURIN, R. P. et al. A pesquisa e as mudanças climáticas na cafeicultura. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 34, Edição Especial, p. 34-43, 2013.

VILELLA, W. M. C.; FARIA, M. A. Crescimento de cafeeiros submetidos a cinco lâminas de irrigação e três parcelamentos de adubação. **Irriga**, Botucatu, v. 8, p. 168-177, 2003.

WATSON, D. J. The physiological basis of variation in yield. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 4, p. 101-144, 1952.

ANEXOS

ANEXO I - Balanço hídrico regional (estação meteorológica INMET Diamantina – MG).



ANEXO II - Número de flores e frutos nas rosetas demarcadas por época de avaliação de 10 genótipos de cafeeiros submetidos a regimes hídricos diferentes (irrigado e sequeiro).

Cultivares	Número de flores/fruto na roseta							
	Set/15		Nov/15		Mar/16		Jun/16	
	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado
3	17	16	17	10	6	3	6	2
4	11	14	10	11	5	4	5	4
5	19	18	17	14	5	4	4	4
7	34	16	32	12	8	3	6	3
9	28	18	26	16	9	6	8	7
12	19	19	17	13	5	2	4	3
19	21	20	19	14	8	3	7	3
20	19	23	18	20	6	10	4	8
21	19	25	19	23	7	13	6	11
23	16	21	6	18	6	6	6	6

Fonte: Do autor (2017).