

6. ECOFISIOLOGIA DO CAFEIEIRO

Josef Gastl Filho

A família *Rubiaceae* abrange mais de 10 mil espécies agrupadas em 630 gêneros distintos. Desta família o gênero do café (*Coffea*) é o mais importante economicamente, sendo as espécies mais pesquisadas *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* (PELOSO et al., 2017).

No cenário internacional, o Brasil ocupa a primeira posição como produtor e exportador de café, e está em segundo lugar como nação consumidora do produto (LUZ, 2014). Não é para menos, uma vez que o país apresenta as mais avançadas tecnologias para produção, pesquisas desenvolvidas por diversos órgãos de pesquisa públicos, privados e universidades, além da difusão dos conhecimentos gerados por meio da extensão aplicada e, ainda, infraestrutura adequada para a exportação e mecanismos de crédito suficientes para atender a cadeia

produtiva, o que coloca nosso país na vanguarda cafeeira (SAKIYAMA et al., 2015; PELOSO et al., 2017).

Na safra 2017, a produção brasileira de café foi estimada em 44,97 milhões de sacas beneficiadas, sendo que, destas, 34,25 milhões de sacas foram do café arábica e 10,72 milhões de sacas do café conilon. A área em produção estimada no Brasil em 2017 foi de 1,87 milhões de hectares de um total de 2,21 milhões de hectares com a cultura (CONAB, 2017).

Embora líder de produção no cenário internacional, a cultura cafeeira no Brasil é constantemente afetada pelas variações nas condições climáticas e edafoclimáticas, resultantes do fenômeno denominado popularmente como efeito estufa, o qual tem levado a mudanças climáticas e de biodiversidade nas mais diversas regiões do planeta (PEZZOPANE et al., 2010; PELOSO et al., 2017).

Dessa forma, os estudos sobre a ecofisiologia tentam entender os aspectos fisiológicos evolutivos, ecológicos e comportamentais das espécies diante dos fatores abióticos e bióticos do meio que os rodeia, de modo que possa permitir os avanços tecnológicos. Fatores esses que afetam diretamente a produtividade, a qualidade dos grãos e, conseqüentemente, da bebida tão apreciada por muitos. Esses e outros assuntos da atualidade serão tratados ao longo deste capítulo que abordará temas sobre a ecofisiologia da cultura cafeeira estudados nos últimos anos no Brasil.

A cafeicultura é altamente dependente das condições ambientais para o seu bom crescimento vegetativo e reprodutivo, afetando diretamente na qualidade e na produtividade da cultura. No Brasil a cultura cafeeira está distribuída em diferentes latitudes e altitudes, estando, principalmente, nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Paraná, Rondônia e Rio de Janeiro,

correspondendo a 98,6% da produção nacional, cada um com suas características próprias de ambiente e nível tecnológico (SANTOS, 2013; SILVEIRA et al., 2015a).

Cada uma dessas regiões apresenta características próprias, tanto em relação ao ambiente quanto às condições socioeconômicas e tecnológicas, condições que proporcionam uma diversidade de sabores e aromas aos cafés produzidos no país, principalmente, em decorrência das variações de clima, altitude e sistemas de produção (SILVEIRA, 2014).

Como supracitado, a cultura cafeeira possui duas espécies: o café arábica (*Coffea arabica* L.) e o café conilon (*Coffea canephora*), as quais são responsáveis pela geração de um dos produtos econômicos mais importantes do Brasil. Por se tratar de espécies distintas, é de se esperar que ambas apresentem diferenças entre si no que tange os aspectos morfofisiológicos que são influenciados diretamente pela interação ecofisiológica com os fatores ambientais.

São vários os fatores edafoclimáticos que afetam as respostas ecofisiológicas da cultura do café, sendo os mais importantes a radiação e fotoperíodo, temperatura, altitude, umidade relativa do ar, precipitação e disponibilidade hídrica, condições do solo, velocidade e direção dos ventos.

De acordo Silveira et al. (2015b), além dos fatores ambientais, os fatores genéticos, fisiológicos e fenológicos afetam diretamente na qualidade sensorial da bebida do café, uma vez que permitem a formação e a presença de precursores nos grãos que contribuem no sabor e aroma, formados durante a torração do grão. Portanto, deve-se ter em observância as condições edafoclimáticas do local em que se deseja implantar a cultura, principalmente se o objetivo for a obtenção de cafés especiais.

Dentre os elementos citados, destaca-se a altitude, a qual exerce grande influência, seja de forma direta ou indireta sobre a maioria dos fatores ambientais, como a temperatura, radiação, regime de chuvas, velocidade dos ventos e pressão parcial dos gases que, por sua vez, afetam a velocidade das reações enzimáticas das plantas que interferem nos processos fisiológicos, tais como a respiração e a fotossíntese. Dessa forma, a junção desses eventos interfere na extensão do ciclo da planta na duração dos estádios reprodutivos e no desenvolvimento dos frutos, já que pode haver o aumento no tempo de desenvolvimento, o que acarreta na maior uniformização da maturação dos frutos e, conseqüentemente, na qualidade sensorial do produto final (ZHU et al., 2010; SILVEIRA, 2014; LUZ et al., 2015; SILVEIRA et al., 2015a). Portanto, a altitude também se constitui em dos fatores mais importantes para a diferenciação de regiões cafeeiras, uma vez que os estádios de formação podem adiantar-se ou atrasar-se, de acordo com a condições locais (SILVEIRA et al., 2015b).

Em condições naturais, muitas formas da espécie *C. canephora* podem ser encontradas nas terras baixas das florestas equatoriais da Guiné e da Uganda, já as populações nativas de *C. arabica* se encontram restritas às florestas das montanhas no sudoeste da Etiópia, em latitudes variando de 1.600 a 2.800 metros (DAMATTA et al., 2007).

Segundo Zhu *et al.* (2010), em relação aos cultivos em terras mais baixas, as plantas cultivadas em elevadas altitudes diferem em suas respostas fisiológicas e morfológicas, já que se encontram expostas à maior irradiância, flutuações diurnas de temperatura, alta velocidade do vento, redução de pressão parcial de gases, limitação de água e nutrientes, curto espaço de tempo para o crescimento e desenvolvimento.

Quando comparado com os cultivos de regiões com altitudes mais elevadas, o acúmulo de amido em frutos do cafeeiro é mais

precoce em altitudes menores, fato constatado por Laviola et al. (2007) que verificaram que, em menores altitudes, o desenvolvimento de frutos necessitou de 211 dias para sua formação, ao passo que em maiores altitudes a formação do fruto foi até 262 dias após a antese. Os autores inferiram que a ocorrência de menores temperaturas máximas ocasiona menor velocidade das reações enzimáticas, menor transporte de fotoassimilados, menor respiração e diminuição da velocidade de acúmulo de massa seca ampliando o tempo de formação do fruto no cafeeiro.

Segundo Silveira (2014), o enchimento do grão, em localidades de menor altitude, torna-se mais crítico, visto que a planta completa este processo em menor tempo. Além do mais, a planta pode sofrer maior desgaste pelo curto período de formação dos frutos, necessitando absorver nutrientes e sintetizar carboidratos em menor espaço de tempo para atender às necessidades dos frutos.

Ainda de acordo com Silveira (2014), um maior ciclo de maturação permite um maior tempo para completar o enchimento do grão e garante a completa manifestação de todos os passos bioquímicos requeridos para o desenvolvimento da qualidade da bebida, com aroma e sabor muito mais intensos.

Como já visto, a altitude influencia diretamente na temperatura do ar, podendo haver a redução em 1°C a cada 100 metros elevados. Esta atua em diversos aspectos fisiológicos do cafeeiro, dentre eles a duração do ciclo reprodutivo, o que acaba por condicionar a época de colheita (PEZZOPANE et al., 2008). As temperaturas médias anuais mais favoráveis à produção do *C. arabica* são aquelas que ocorrem no intervalo de 18°C a 22°C, sendo o ideal de 19°C a 21°C. Temperaturas acima de 23°C estimulam o rápido desenvolvimento e amadurecimento das frutas, o que frequentemente leva a perdas de qualidade. Se a

temperatura for elevada nos estádios de florescimento, especialmente se for associada a uma estação seca prolongada, pode dificultar as floradas e ocasionar o aborto de flores. Por outro lado, temperaturas médias anuais inferiores a 18°C prejudicam o desenvolvimento dos frutos, cuja maturação pode se sobrepor a florada seguinte, o que prejudica a fase vegetativa e a produção do cafeeiro (DAMATTA et al., 2007; LUZ et al., 2015).

Outro ponto importante é a ocorrência, mesmo que esporádica, de geadas que podem limitar o sucesso econômico da safra. Em cafeeiros recém-plantados, a ocorrência de geadas com temperatura mínima de -3°C pode ser letais para o tecido foliar, dependendo do tempo de exposição ao frio, estado nutricional, vigor da planta, cultivar e e idade. Para *C. canephora*, a média anual favorável ao seu desenvolvimento varia de 22°C a 26°C, sendo, portanto, menos adaptável a temperaturas mais baixas do que *C. arabica* (DAMATTA et al., 2007; CARBONIERI et al., 2013).

Silveira et al. (2015b) afirmam que as temperaturas médias mais baixas desempenham papel fundamental no desenvolvimento de atributos que conferem boa qualidade no produto final. Além do mais, temperaturas mais amenas favorecem a manifestação de todas as etapas bioquímicas necessárias para o desenvolvimento da qualidade da bebida, em comparação com regiões mais quentes, condicionando a maturação adequadas dos frutos.

Outro fator ambientalmente importante é a umidade relativa do ar, a qual tem um impacto significativo no crescimento vegetativo e reprodutivo da planta do café. Plantas da espécie *C. canephora* conseguem desenvolver adequadamente em condições com alta umidade relativa do ar e toleram curtos períodos com umidade relativa do ar mais baixas. Já a *C. arabica* requer uma atmosfera menos úmida, similar ao do seu centro de origem nas terras altas da Etiópia (DAMATTA et al., 2007).

De acordo com Santos (2013), em localidades em que o clima se apresenta mais úmido e/ou quente durante o período de colheita, os frutos passam rapidamente do estágio cereja para passa, e há grande risco de a fermentação inicial dos frutos (acética e láctica) evoluir rapidamente para as fases seguintes (propiónica e butirica), que são extremamente prejudiciais à qualidade do café.

Outro elemento natural importante são os movimentos das massas de ar da atmosfera que, de acordo com Matiello e Almeida (2017), os ventos, atualmente, são a terceira causa mais comum de lesões em troncos de plantas de café, conhecidas por canela de vento, consistindo de um engrossamento inicial do tronco, formando uma espécie de cortiça na casca, podendo ocorrer mais junto ao solo ou pouco acima deste. Ao se cortar o caule no local da lesão, pode se observar os tecidos internos frouxos, devido o movimento constante do vento.

De acordo com Damatta et al. (2007), o estresse ocasionado pelos ventos fortes e constantes às plantas do cafeeiro podem levar à redução da área foliar e do comprimento de ramos ortotrópicos e plagiotrópicos. Além disto, prejudica gravemente as folhas, gemas apicais, gemas florais e o desenvolvimento de frutos. Outro ponto importante abordado por Damatta et al. (2007) é que os ventos promovem a ampliação da evapotranspiração e, conseqüentemente, elevam a exigência hídrica das plantas, portanto, é recomendável a utilização de quebra-ventos em locais com ventos fortes e constantes de modo a amenizar os efeitos desse elemento da natureza.

A radiação solar é um fator importante na floração e produção do cafeeiro pela influência que exerce na síntese de fotoassimilados e no balanço hormonal. No entanto, os efeitos gerados por ela dependerão de outros parâmetros climáticos, tais como a temperatura e a disponibilidade de água, além da idade da planta e a densidade de plantio (QUEIROZ-VOLTAN; FAHL; CARELLI, 2011).

A radiação solar é fundamental para o crescimento do cafeeiro, não só por fornecer energia luminosa para a fotossíntese, mas por fornecer sinais que regulam seu desenvolvimento através de receptores de luz sensíveis a diferentes intensidades e qualidade. Este fato contribui para as diferentes respostas fisiológicas em suas características tanto bioquímicas quanto anatômicas e de crescimento (LUNZ et al., 2007).

O nível de radiação, ao qual as plantas estão expostas, pode afetar as características morfológicas, anatômicas e fisiológicas da folha, interferindo diretamente sobre o desenvolvimento, função e estrutura foliar, estrutura dos cloroplastos e componentes do processo fotossintético. A espessura da folha, o desenvolvimento da epiderme e do parênquima, a massa foliar específica, o número total de células das folhas e a quantidade, distribuição, tamanho, forma e mobilidade dos estômatos são diretamente afetadas pela intensidade de luz à qual estão expostos (QUEIROZ-VOLTAN, FAHL; CARELLI, 2011; BALIZA et al., 2012).

Souza Júnior et al. (2011) e Belan et al. (2011), ao observarem as seções transversais do limbo foliar das duas espécies cultivadas em duas regiões distintas – uma de clima ameno e outra de clima semiárido – notaram que elas apresentavam maior espessura para *C. arabica*.

De acordo com Nascimento et al. (2006), a maior espessura do limbo foliar pode ser uma característica adaptativa a condições de maior intensidade de radiação sem sombreamento. Além do mais, a maior espessura da lâmina foliar permite o aumento da capacidade de dispersão, absorção e canalização da luz, o que pode vir a minimizar o aquecimento e evitar danos fotooxidativos, ocasionados pelas elevadas temperaturas e luminosidade. Em síntese, essas modificações estruturais têm como objetivo a otimização da captura da radiação disponível. (BALIZA et al., 2012).

Referente à dimensão das folhas, o café conilon apresenta maior área superficial para captação de luz, maior número de células epidérmicas, maiores valores de índice estomático e estômatos menores. O maior número de estômatos favorece as trocas gasosas com o ambiente, o que resulta em um controle mais eficaz da transpiração e da fotossíntese em localidades com alta demanda evaporativa, tais como o Norte de Minas Gerais (SOUZA JÚNIOR et al., 2011; BELAN et al., 2011).

A disposição e a forma das folhas das duas espécies são similares, com folhas opostas cruzadas, curto-pecioladas, com lâminas elípticas a elíptico-lanceoladas e margens onduladas (BELAN et al. 2011).

Em relação à fotossíntese líquida e aos aspectos da anatomia foliar, pode ser observado que as plantas de *C. canephora* apresentam maiores taxas de condutância estomática, transpiratórias e fotossintética em relação a *C. arábica* L. Em relação à emissão de fluorescência, o café arábica apresenta maiores médias que o café conilon. As folhas deste último, por sua vez, apresentam maior eficiência do sistema antena, para a absorção e transferência de energia luminosa do que os cafeeiros de *C. arabica* (BELAN et al. 2011).

O cultivo de *C. arabica* sob sombreamento moderado faz com que as plantas sofram menos com os estresses ambientais. Dessa forma, apresentam maior taxa fotossintética e eficiência de uso de água e nitrogênio e, conseqüentemente, têm maior potencial bioquímico e fisiológico para fixação de carbono (RODRÍGUES-LÓPEZ et al., 2013; RAKOCEVIC; SCHOLZ; CHARMETANT, 2015).

Em *C. arabica*, os estômatos são predominantemente do tipo paracítico, enquanto no conilon predomina o tipo actinocítico. A existência de um maior valor da relação diâmetro polar com o diâmetro

equatorial indicaria uma maior funcionalidade do estômato. Entretanto, em ambas as espécies, eles não apresentam diferenças entre si em relação aos diâmetros, o que indica que a funcionalidade dos estômatos é semelhante entre as espécies (SOUZA JÚNIOR et al., 2011; BELAN et al., 2011).

Souza Júnior et al. (2011) ao analisarem as trocas gasosas das folhas das duas espécies, sob temperatura ambiente de 24,3°C, não observaram diferenças quanto à fotossíntese, transpiração e condutância estomática.

O conhecimento do processo de fotossíntese e da alocação de fotoassimilados entre as folhas e frutos do cafeeiro é um fator de importância, pois, permite identificar os períodos de maior necessidade de fotoassimilados pela planta. Tendo-se essas informações é possível maximizar, por meio de práticas culturais, a produção de fotoassimilados nos períodos mais críticos, de forma que a planta venha a produzir carboidratos em quantidades suficientes para a manutenção do seu crescimento vegetativo, bem como para a produção de frutos (LAVIOLA et al., 2007).

A intensidade de radiação sobre as plantas durante a maturação dos frutos afeta diretamente na sua classificação posteriormente. De acordo com Fahl et al. (2009), as plantas cultivadas a pleno sol tendem a apresentar maior porcentagem de grãos passa e menor porcentagem de grãos verdes, em relação aos sombreados. Relação indesejável para os produtores, ela é obtida em função do desenvolvimento e maturação exponenciais dos frutos expostos diretamente à radiação. Outro fato importante é que o sombreamento promove a antecipação do desenvolvimento das gemas e a abertura dos botões florais em relação às plantas cultivadas a pleno sol.

Outro detalhe ambiental importante e vital para qualquer organismo vivo é a água, a qual as culturas recebem por meio da irrigação ou pela precipitação pluviométrica. A exigência desta por parte da cafeicultura está relacionada com as características do solo, umidade atmosférica e nebulosidade, além das práticas culturais (DAMATTA et al. 2007).

A precipitação ideal para o *C. arabica* está entorno de 1.200 a 1.800 mm anuais; para o *C. canephora*, por sua vez, a precipitação ideal é superior a 2.000 mm anuais (DAMATTA et al. 2007; SAMPAIO NETO, 2012). De acordo com Sampaio Neto (2012), se a precipitação pluviométrica for uniformemente distribuída ao longo do ano e em épocas favoráveis, o cafeeiro poderá produzir bem tanto em localidades em que chovam 800 mm como onde chovam mais de 2.000 mm anualmente.

De acordo com Damatta et al. (2007), a precipitação excessivamente abundante ao longo do ano é responsável, muitas vezes, por baixa produtividade, sendo um fator limitante a ausência de período de estiagem para o cultivo em regiões tropicais. Esse período é essencial à fase de crescimento quiescente, sendo também importante para estímulo da floração, como veremos ao longo deste capítulo.

Em relação ao déficit hídrico, a espécie *C. arabica* suporta entre 100 a 150 mm ano⁻¹, já para *C. canephora* suportam entre 150 a 200 mm ano⁻¹, caso esses déficits hídricos ultrapassem esses limites ou haja períodos limitantes, há a necessidade de irrigação para um melhor desenvolvimento e manutenção da planta (SANTINATO; FERNANDES; FERNANDES, 2008; SAMPAIO NETO, 2012).

De acordo com Santinato, Fernandes e Fernandes (2008), as regiões cafezeiras tradicionais apresentam chuvas dentro dos limites e com boa distribuição, entretanto, em outras regiões produtoras tais

como Nordeste e cerrado, chuvas podem ocorrer abaixo do necessário, e com épocas chuvosas invertidas à das regiões tradicionais, sendo necessária a realização da irrigação nos cultivos de café.

A irrigação tem sido uma técnica empregada cada vez mais em cafezais brasileiros nos últimos anos, o que tem possibilitado a expansão e utilização de áreas marginais antes consideradas inaptas ao cultivo em função do balanço hídrico e condições climáticas desfavoráveis à cultura. Outros fatores que têm contribuído para a crescente utilização dessa técnica são as alterações climáticas observadas em várias regiões produtoras, como o sul do Estado de Minas Gerais, que tem apresentado deficiências hídricas específicas em determinados estádios fenológicos da cultura, acarretando prejuízos à produção. Além disso, o uso desta tem apresentado bons resultados mesmo em regiões produtoras tradicionais, pois, tem promovido o incremento na produção de lavouras e a obtenção de grãos com uma bebida de melhor qualidade (SOUZA, 2009; CUSTÓDIO et al., 2012; SAMPAIO NETO, 2012; FERNANDES et al., 2016).

Atualmente, a irrigação na cafeicultura representa cerca de 10% da área total, e existe uma previsão de expansão para 20% nos próximos 10 anos, originando mais de 5 milhões de empregos diretos e indiretos, além de 9 a 12 milhões de sacas beneficiadas por ano (SANTINATO; FERNANDES; FERNANDES, 2008). De acordo com Carvalho *et al.* (2013), o produtor deve estabelecer critérios apropriados para o correto manejo de água fornecida à cultura.

Sobre a viabilidade técnica e econômica do emprego da irrigação em cafezais, Fernandes *et al.* (2016) realizaram um estudo com duração de 9 anos na área do planalto do município de Araxá, região tradicional na produção de café, sem a utilização de irrigação. Região que, no entanto, tem sofrido alterações climáticas, sendo verificados

déficits hídricos superiores a 150 mm na região, o que tem prejudicado o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultura.

Conforme é demonstrado na Tabela 1, os resultados obtidos por Fernandes *et al.* (2016) demonstram a viabilidade técnica e econômica da utilização da irrigação, sendo superior à da alternativa não irrigada, constituindo de um fator condicionante para elevação da rentabilidade e diminuição do risco no cultivo. Mostram, também, o quão importante é a irrigação suplementar para o bom desenvolvimento e produtividade da cultura cafeeira, principalmente em anos de déficit hídrico. Em relação ao manejo de irrigação contínua, os autores observaram reduções na produtividade na ordem dos 13% a 38% nos que passaram por paralisação na irrigação, sendo visivelmente maior para o cafezal sem irrigação.

Além das características produtivas, o manejo da irrigação afeta outros componentes morfofisiológicos do cafeeiro, tais como crescimento vegetativo e o desenvolvimento do sistema radicular, bem como a classificação e qualidade dos grãos. De acordo com Custódio, Lemos e Mingotte (2013), as supressões da irrigação no cultivo em determinadas épocas do ano, em especial nos meses de junho e julho, implicam em um maior crescimento inicial após a poda e, conseqüentemente, em maior produtividade total quando comparados com o café irrigado continuamente e não irrigado.

TABELA 1: Resultados econômicos dos diferentes tratamentos, custos e lucratividade anual, em reais (R\$) em estudo sobre a viabilidade técnica e econômica da irrigação no município de Araxá-MG.

Indicador	Custos ha ⁻¹								
	IAT	SI	SIAN	SIMN	SIJN	SIJLN	SIAGN	SISN	SION
Administração	1.458,23	1.458,23	1.458,23	1.458,23	1.458,23	1.458,23	1.458,23	1.458,23	1.458,23
Adução via solo	2.658,63	2.753,08	2.658,63	2.658,63	2.658,63	2.658,63	2.658,63	2.658,63	2.658,63
Adução via foliar	325,05	364,18	325,05	325,05	325,05	325,05	325,05	325,05	325,05
Controle Pragas e Doenças	1.347,69	1.309,87	1.347,69	1.347,69	1.347,69	1.347,69	1.347,69	1.347,69	1.347,69
Controle de Plantas Daninhas	595,89	508,46	595,89	595,89	595,89	595,89	595,89	595,89	595,89
Tratos Culturais	148,58	92,53	148,58	148,58	148,58	148,58	148,58	148,58	148,58
Irrigação	900,00	-	225,00	300,00	375,00	450,00	525,00	600,00	675,00
Colheita	1.650,00	1.750,00	1.650,00	1.650,00	1.650,00	1.650,00	1.650,00	1.650,00	1.650,00
Pós-colheita	870,00	670,00	870,00	870,00	870,00	870,00	870,00	870,00	870,00
Comercialização	270,00	335,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00
C.O.E	10.244,07	8.842,22	9.549,07	9.624,07	9.699,07	9.774,07	9.849,07	9.924,07	9.999,07
Depreciação	2.140,23	1.667,80	2.140,23	2.140,23	2.140,23	2.140,23	2.140,23	2.140,23	2.140,23
Remuneração	863,48	667,67	863,48	863,48	863,48	863,48	863,48	863,48	863,48
C.T	13.227,78	11.576,82	12.552,78	12.627,78	12.702,78	12.777,78	12.852,78	12.927,78	13.002,78
Produtividade média (sc.ben/ha)	56,00	34,00	36,00	39,00	40,00	41,00	46,00	49,00	48,00
R\$ ha/ano (saca de 60 kg = R\$ 400,00)	22.400,00	13.600,00	14.400,00	15.600,00	16.000,00	16.400,00	18.400,00	19.600,00	19.200,00
Resultado econômico anual (R\$/ha)	9.172,22	2.023,18	1.847,22	2.972,22	3.297,22	3.622,22	5.547,22	6.672,22	6.197,22

IAT – Irrigação o ano todo; SI – Sem irrigação; SIAN – Irrigação interrompida de abril a novembro; SIMN – Irrigação interrompida de maio a novembro; SIJN – Irrigação interrompida de junho a novembro; SIJLN – Irrigação interrompida de julho a novembro; SIAGN – Irrigação interrompida de agosto a novembro; SISN – Irrigação interrompida de setembro a novembro; SION – Irrigação interrompida de outubro a novembro. **Fonte:** Fernandes *et al.* (2016).

Em relação à localização da irrigação, a disponibilidade hídrica afeta o desenvolvimento radicular do café no perfil do solo, a fisiologia e as dimensões do sistema radicular do cafeeiro e os diferentes métodos de irrigação podem deixar estas mais concentradas ou distribuídas. Tal evento foi observado por Soares et al. (2005) ao comparar os perfis do solo, notando que o sistema radicular do cafeeiro não irrigado apresenta-se mais concentrado próximo ao caule, enquanto que nos cafeeiros irrigados o sistema radicular se encontrou melhor distribuído, especialmente nas faixas molhadas, o que demonstra que a irrigação promove melhores condições de desenvolvimento do sistema radicular no sentido horizontal. Os autores ainda afirmam que a irrigação localizada pode incrementar a produtividade média total em até 150%, se aplicada da forma adequada.

O manejo de irrigação também tem fundamental importância na classificação dos grãos de café, uma vez que afeta na qualidade do produto final e no retorno econômico para o produtor. Esse é outro fator que faz com que o emprego da irrigação se torne cada vez maior pelos cafeicultores, já que seus cultivos estão sujeitos às irregularidades das intempéries climáticas, as quais afetam diretamente nos estádios de floração e da expansão do fruto e, conseqüentemente, na qualidade dos grãos de café (SILVA et al., 2007).

Os regimes utilizados, seja com paralisações na irrigação ou não, influenciam na granulometria do grão do café. É notável em diversos estudos que a percentagem de grãos grandes e médios é altamente afetada, sendo que os grãos médios podem aumentar em até 57,9% em função da lâmina de irrigação, enquanto os grandes podem reduzir de 28,2% para 16,4%, não havendo mudanças na percentagem de grãos pequenos e mocas. O recomendado é 40% e 25% para as classes granulométricas “café médio” e “café grande”, respectivamente. Traduzem-se em bom percentual de café para exportação, uma

vez que os exportadores preferem grãos maiores, pois, assim, estão automaticamente eliminando defeitos (SILVA et al., 2007; CUSTÓDIO; GOMES; LIMA, 2007). Deve-se ter em mente que o mau manejo da irrigação pode elevar os percentuais de grãos verdes e ardidos devido à desuniformidade de maturação que a irrigação promove aos frutos no momento da colheita.

Segundo Moreira (2010), com o manejo da irrigação adequado, o rendimento de grãos, bem como os aspectos reprodutivos do cafeeiro, é superior ao cafeeiro não irrigado. O cafeeiro com regime hídrico utilizando da irrigação permite melhores resultados para a massa de frutos cereja e verdes de qualidade superior quando comparado com regime sem irrigação, especialmente nos regimes que tiveram paralisação na irrigação em determinados períodos, o que é mais interessante ao produtor, uma vez que deve ocorrer maior ganho econômico, tornando recomendável a aplicação dessas técnicas no cultivo.

Outra técnica que tem sido aplicada com resultados satisfatórios na produtividade e qualidade dos grãos é a realização da sincronização ou concentração da florada por meio do déficit hídrico alguns dias antes da floração, de modo que com o retorno da irrigação sejam quebradas a dormência das gemas do botão floral.

Os benefícios da aplicação desta técnica têm sido confirmados por vários estudos, os quais constatam que as plantas exibem valores de flores e inflorescências superiores aos regimes com irrigação plena e sem irrigação, fato que explica o maior quantitativo de frutos cerejas e verde encontrado em alguns estudos (MOREIRA, 2010). O emprego de irrigação contínua, sobretudo em períodos que antecedem a florada, pode levar ao atraso da formação do botão floral em relação a lavouras não irrigadas (DAMATTA et al., 2007; SILVA et al., 2009).

Na planta do café, os processos fisiológicos que antecedem a floração, quando em condições naturais, são estimulados pelas primeiras chuvas da estação chuvosa que eliminam a dormência das gemas. Porém, o fator externo desencadeador da indução floral ou antese pode ser temperatura, ou a água ou a soma dos dois (FIGUEIREDO, 2010; RONCHI et al., 2015).

No Brasil, de acordo com Ronchi *et al.* (2015), nos meses que antecedem o início da primavera há um desenvolvimento natural e rápido dos estádios dos botões florais, com uma taxa percentual diária de 1% de botões florais atingido o estágio E4. No entanto, a ocorrência de chuvas esporádicas e de baixa intensidade, geralmente próximas à primavera, contribui para a desuniformização da floração, uma vez que faz com que ocorram várias floradas, prejudicando no momento da colheita (DAMATTA et al., 2007; SILVA et al., 2009), a ocorrência destas chuvas também prejudica a prática de concentração de florada.

Sendo assim, deve-se ter em mente que as condições edafoclimáticas variam para cada região, portanto, para que não ocorra o comprometimento da produtividade da lavoura; o momento e o nível do déficit hídrico que devem ser aplicados será específico para cada região. Por exemplo, no Cerrado, em que ocorre uma estação seca bem definida na pré-florada, possibilita – conforme proposto por Guerra, Rocha e Rodrigues (2005) – a fixação de um calendário para a utilização do estresse hídrico controlado, aplicado em momento e intensidades adequadas nas lavouras irrigadas, o que contribui para a uniformização do florescimento e, conseqüentemente, da maturação dos frutos. Já a região do Sul do Estado de Minas Gerais, região tradicional na produção de café, apresenta distribuição pluviométrica irregular. Por esses fatos é que a pesquisa se torna ferramenta fundamental.

Segundo Silva *et al.* (2009), a paralisação da irrigação por 60 dias entre julho e agosto, nas regiões de Adamantina e Mococa no estado de São Paulo, permite a obtenção de déficit hídricos (-1,1 a -1,6 MPa) que favoreçam a sincronização das floradas do cafeeiro, proporcionando uniformidade com alta produção.

Sugestão similar foi a realizada por Guerra, Rocha e Rodrigues (2006), que propôs a paralisação da irrigação por cerca de 70 dias para sincronizar o desenvolvimento dos botões florais. Vale ressaltar que a proposta é pertinente para as regiões com épocas secas bem definidas, para submeter as plantas de café a um estresse hídrico moderado e permitir que haja sincronização do desenvolvimento das gemas reprodutivas, uniformidade de florada e maturação dos frutos, sendo o período entre os meses de junho e setembro o recomendado para o estabelecimento do estresse hídrico (GUERRA *et al.*, 2007).

Segundo Moreira (2010), o melhor regime hídrico para a região de Brasília seria com paralisação da irrigação 30 dias antes da provável colheita, uma vez que é o que traz maior relação custo benefício quando se trata da economia de água, energia elétrica e mão de obra.

Dessa forma, pode-se inferir com base nos vários estudos realizados que para a obtenção de maior produtividade e a obtenção de grãos de melhor qualidade se deve realizar o bom manejo da irrigação na cafeicultura, sendo importante ressaltar que se faz necessário um período de seca para a sincronização do florescimento e pegamento dos frutos, outro fato importante que reafirma este argumento é que a irrigação contínua proporciona a baixa uniformidade de produção das plantas (SILVA *et al.*, 2009).

A adoção de sistemas agroflorestais por cafeicultores de determinadas localidades tem sido crescente e tem se mostrado promissor, principalmente, conforme afirmam Souza *et al.* (2009a), por

questões de diversificação na produção agrícola na propriedade rural, uma vez que o café é um produto bastante vulnerável às variações de preço no mercado.

Outro aspecto para a adoção do consórcio do cafeeiro com diversas espécies vegetais é visando a melhoria dos aspectos ecofisiológicos do cafeeiro através do sombreamento, que proporciona melhorias nas condições microclimáticas, o que favorece menor amplitude de variação da temperatura do solo e do ar, manutenção da umidade do solo, proteção contra o impacto da água pelo excesso de chuva e granizos e minimização dos efeitos gerados pela força dos ventos, estabilidade da produção sem o risco de depauperamento do vegetal, melhoria do balanço hídrico, além da otimização da ciclagem de nutrientes. Há ainda a distribuição uniforme da energia radiante, o que contribui na obtenção de café de qualidade (COELHO et al., 2007; CAMARGO et al., 2007; SOUZA et al., 2009a; SOUZA et al., 2009b; CARBONIERI et al., 2013).

Nesses sistemas consorciados, a área do limbo foliar aumenta consideravelmente em relação aos cafeeiros cultivados a pleno sol, uma vez que a taxa de radiação fotossinteticamente ativa nestes sistemas é significativamente menor, o que demonstra a capacidade que a planta do café tem de se adaptar às condições do meio que o cerca (COELHO et al., 2007).

Em condições naturais o cafeeiro é uma cultura umbrófila, no entanto, no Brasil a maior parte do cultivo desta é conduzida a pleno sol, graças aos programas de melhoramento que permitiram a adaptação das plantas à elevada irradiância (CAMARGO et al., 2007; COELHO et al., 2007; LUNZ et al., 2007; SOUZA et al., 2009a; SOUZA et al., 2009b). Diferentemente do Brasil, na maior parte dos países produtores de café, incluindo os latinos americanos, a cafeicultura se encontra estabelecida

em regime de sombreamento em associação com diversas espécies sombreadoras (CAMARGO et al., 2007; SOUZA et al., 2009a).

No entanto, o sistema de cultivo a pleno sol traz alguns problemas, entre eles a bienalidade, na qual o cafeeiro alterna entre alta e baixa produtividade. O cultivo do cafeeiro a pleno sol tem apresentado problemas relacionados à bienalidade, a qual tem contribuído para o rápido esgotamento das plantas durante os primeiros anos de produção, devido ao excesso de frutos na planta, levando-as ao depauperamento (CAMARGO et al., 2007; SOUZA et al., 2009b). Entretanto, estes efeitos podem ser atenuados pela arborização de acordo com Camargo et al. (2007).

Diante do exposto, vários autores sugerem que a arborização consiste de uma estratégia para melhoria das condições microclimáticas do cafezal, pois, além do efeito direto na redução da radiação, altera o microclima e o balanço hídrico da lavoura como efeitos indiretos da disponibilidade de água no solo e na atmosfera (SOUZA et al., 2009b; SILVEIRA et al., 2015c).

Diversas espécies arbóreas são estudadas e utilizadas no consórcio com o café, dentre elas pode-se citar o mogno (*Khaya ivorensis*) (SILVEIRA et al., 2015c), a teca (*Tectona grandis*) (SILVEIRA et al., 2015c), acrocarpo (*Acrocarpus fraxinifolius*) (SILVEIRA et al., 2015c), o tremoço (*Lupinus albus* L.) (CARBONIERI et al., 2013), a seringueira (*Hevea brasiliensis* L.) (NASCIMENTO et al., 2006; CAMARGO et al., 2007; FREITAS et al., 2010), o coqueiro-anão verde (*Cocos nucifera* L.) para o *C. canephora* (SOUZA et al., 2009b), noqueira macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) para o *C. canephora* (SOUZA et al., 2009a), o abacateiro (*Persea americana*) (COELHO et al., 2007; LEMOS, 2008), o ingazeiro (*Inga edulis*) (COELHO et al., 2007; LEMOS, 2008), o vinhático (COELHO et al., 2007).

O plantio adensado dos cafezais tem sido utilizado, cada vez mais, pelos cafeicultores no Brasil, podendo apresentar-se nas mais diferentes densidades de plantio, com várias possibilidades de formas de arranjo e espaçamento entre as linhas e plantas. Elas se constituem de fundamental importância, uma vez que o modo de disposição das plantas cria microclima específico *in loco* e, conseqüentemente, altera o comportamento do ponto de vista morfofisiológico, afetando a arquitetura e crescimento das plantas, fisiologia e a produção. Portanto, quanto mais adensado for a lavoura, menor será a radiação solar incidente, provocando mudanças na temperatura, umidade e vento no interior do dossel (CUNHA; VOLPE, 2011; MORAIS et al., 2013).

Ferrão et al. (2009) afirmam que para o produtor a definição é de elevado interesse, uma que a densidade de plantas afetará todo o seu modo de trabalho, traçando linhas gerais para manejo. Ainda, segundo os autores, o espaçamento está dependente de uma série de fatores, entre eles o porte do cultivar a ser utilizada, a topografia do terreno, a altitude e clima, a realização ou não de poda, possibilidade de mecanização e o controle de doenças. No estado do Espírito Santo muitos produtores ainda apresentam resistência na adoção de sistema adensado devido às condições topográficas locais (SANTINATO; FERNANDES; FERNANDES, 2008; FERRÃO et al., 2009).

O arranjo ou a melhor distribuição das plantas dentro das fileiras está tendendo à redução no espaçamento entre plantas, o que pode representar aumentos bastante significativos em produtividade por área (SANTINATO, FERNANDES; FERNANDES, 2008).

No cerrado mineiro a implantação das lavouras é realizada em filas ou renques abertos para permitir o cultivo e a colheita mecanizados, o que também facilita os tratos culturais, a tendência se deve à escassez de mão de obra para a colheita (MORAIS et al., 2013; RONCHI et al., 2015). O espaçamento geralmente aplicado é o de 4,0 x 0,5m, no caso

para cultivares de porte baixo, tais como Catuaí, amplamente cultivados no Cerrado (SANTINATO; FERNANDES; FERNANDES, 2008; RONCHI et al., 2015).

No início de sua implantação, a cafeicultura paranaense adotava o sistema tradicional de cultivo utilizando plantio em covas com espaçamentos largos, 4,0 x 4,0m, mas isso ocorria em função de certas peculiaridades da época, tais como, alta fertilidade natural do solo, cultivares de porte alto e a exploração de culturas anuais intercalares. No entanto, a partir da década de 1990, os plantios passaram a ser feitos totalmente no sistema adensado (MORAIS et al., 2013).

Segundo Ronchi et al. (2015), as altas densidades populacionais na lavoura permitem a exploração completa do solo pelo sistema radicular do cafeeiro, tendo melhor aproveitamento de água e nutrientes, em camadas profundas ou superficiais do solo. Fato que provavelmente explica os resultados encontrados por Andrade et al. (2014), que avaliaram as combinações mais produtivas para uma mesma população de plantas por hectare, no qual os resultados mais expressivos para produtividade ocorreram nos tratamentos que utilizaram menor espaçamento de plantio, sobretudo nas primeiras colheitas. Ronchi et al. (2015) afirmam que em função disso há redução no gasto com fertilizantes, devido à melhoria na ciclagem de nutrientes em sistemas adensados.

As razões pelas quais não há o balanço desfavorável em sistemas adensados consistem: 1) devido ao sombreamento mútuo há redução da temperatura foliar e do solo, resultando em menor transpiração e evaporação do solo; 2) o sistema radicular nos plantios mais adensados tende a ser mais profundo permitindo o aproveitamento de água e nutrientes das camadas mais profundas do solo; e 3) menor desenvolvimento de plantas (REZENDE et al., 2009).

Alguns dos benefícios relatados por Ferrão et al. (2009) do plantio adensado é a manutenção da temperatura do solo nos dias frios de inverno, em função do efeito de autoproteção no sistema mais adensado, o que evitou a perda de calor do solo para atmosfera. A umidade relativa do ar tende a ser menor, o que é benéfico para *C. arabica*. O sistema pode reduzir a velocidade do vento em até 48%.

De acordo com Ronchi et al. (2015), o plantio adensado promove o melhor desenvolvimento do sistema radicular do cafeeiro havendo o aumento em massa de matéria seca, comprimento, volume e área superficial total de raízes por volume de solo, sem alterar o comprimento e a superfície específica de raízes, nem aprofundar o sistema radicular.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os avanços tecnológicos e científicos alcançados nos últimos anos na cafeicultura têm criado os meios necessários para que essa cultura possa continuar a se expandir para novas regiões, bem como enfrentar as mudanças climáticas, sem que haja prejuízos em sua produtividade ou redução na qualidade dos grãos e da bebida do café.

O estudo e a compreensão dos processos ecofisiológicos e metabólicos da cultura cafeeira auxilia na tomada de decisões, permitindo aos melhoristas selecionar o material genético, de acordo com as condições edafoclimáticas e necessidades regionais e locais. Permite aos produtores se adequarem ou adotarem práticas que levem ao aumento da produção ou atenuem os efeitos do clima e tempo sobre o cultivo, dentre elas, a adoção do manejo de irrigação, plantios adensados, sistemas de plantio consorciados, tratos culturais diferenciados, plantios em áreas mais altas ou baixas.

Para finalizar, vale ressaltar que é de suma importância a construção de uma rede de conhecimento, envolvendo a pesquisa, a extensão e os cafeicultores, de modo que haja a aplicabilidade dos dados gerados pela pesquisa, a transmissão do conhecimento ao produtor, a sua aplicação e, por fim, o *feedback*. Sem isso, o conhecimento fica relegado ao esquecimento.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, W. E. de B.; GUIMARÃES, P. T. G.; FAQUIN, V.; GUIMARÃES, R. J. Produtividade do cafeeiro arábica em condições de adensamento, no Noroeste Fluminense. **Coffee Science**, v. 9, 2014, p. 90–101.
- BALIZA, D. P.; CUNHA, R. L. da; CASTRO, E. M. de. BARBOSA, J. P. R. A. D.; PIRES, M. F.; GOMES, R. A. Gas exchange and adaptive structural characteristics of coffee plants grown in different levels of radiation. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 3, 2012, p. 250–258.
- BELAN, L. L.; SILVA, K. G.; TOMAZ, N. A.; JESUS JUNIOR, W. C.; AMARAL, J. A. T. do; AMARAL, J. F. T. do. Aspectos fisiológicos do cafeeiro conilon: uma abordagem sistemática. **Nucleus**, Ituverava, v. 8, n. 1, abr. 2011, p. 225–240.
- CAMARGO, F. T. de; FAVARIN, J. L.; BERNARDES, M. S.; LUNZ, A. M. P.; RIGHI, C. A.; ALVES, S. N. R.; REIS, A. R. Crescimento e maturação do fruto do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em um sistema arborizado e em monocultivo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais....** Brasília: Embrapa, 2007.
- CARBONIERI, J.; MORAIS, H.; SERA, G. H.; JOAQUIM, A.; SERA, T. Consórcio café x tremoço (*Lupinus albus* L.) como método para proteção de cafezais contra geadas. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 8. 2013, Salvador. **Anais....** Belo Horizonte: Embrapa Café, 2013.
- CARVALHO, I. R.; KORCELSKI, C.; PELISSARI, G.; HANUS, A. D.; ROSA, G. M. da. Demanda hídrica das culturas de interesse agrônomo. **Enciclopédia Biosfera**: Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 91, n. 17, 2013, p. 969–985.
- COELHO, R. A.; MATSUMOTO, S. N.; BONFIM, J. A.; LEMOS, C. L.; CESAR, F. R. C. F.; SANTOS, M. A. F.; LIMA, J. M.; ARAUJO, G. da S.; GUIMARÃES, M. M. C.; FARIAS, D. da H. Teor de clorofila nas folhas do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em monocultivo e dois sistemas agroflorestais em Barra do Choça, BA. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5. 2007, Águas de Lindóia. **Anais....** Brasília: Embrapa, 2007.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café**: Monitoramento agrícola. 4. ed. Brasília, 2017, p. 88.
- CUNHA, A. R. da; VOLPE, C. A. Growth curves of coffee fruits Obatã IAC 1669-20 in different alignments planting. **Semina**: Ciências Agrárias, Londrina, v. 32, n. 1, 2011, p. 49–62.
- CUSTÓDIO, A. A. de P.; GOMES, N. M.; LIMA, L. A. Efeito da irrigação sobre a classificação do café. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, 2007, p. 691–701.

- CUSTÓDIO, A. A. de P.; LEMOS, L. B.; MINGOTTE, F. L. C. Características vegetativas e produtivas de cafeeiro em diferentes supressões de irrigação e faces de exposição. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 4, 2013, p. 411–422.
- CUSTÓDIO, A. A. de P.; REZENDE, F. C.; FARIA, M. A. de. MORAIS, A. R. de; GUIMARÃES, R. J.; SCALCO, M. S.. Flower induction of coffee trees under Different irrigation managements. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 1, 2012, p. 20–30.
- DAMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal Of Plant Physiology**, Londrina, v. 19, n. 4, 2007, p. 485–510.
- FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C.; QUEIROZ-VOLTAN, R. B...; DIAS, A. A.; CAMARGO, M. B. P... de. Efeitos de níveis de luz na floração, frutificação e produtividade de plantas de Coffea arabica. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6. 2009, Vitória. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2011.
- FERNANDES, A. L. T.; TAVARES, T. de O.; SANTINATO, F.; FERREIRA, R. T.; SANTINATO, R.. Technical and economic viability of drip irrigation of coffee in Araxá, MG. **Coffee Science**, Lavras, 2016, p. 347–358.
- FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. da; FERRÃO, R. G.; MORELI, A. P.; SOUZA, E. M. R.; GUARÇONI, R. C.; CALIMAN, L. F. Comportamento do café arábica em diferentes densidades de plantio no Espírito Santo. In: VI SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, Vitória, ES, 2009. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 2009.
- FIGUEIREDO, L. P.; BORÉM, F. M.; CIRILLO, M. A.; RIBEIRO, F. C.; GIOMO, G. S.; SALVA, T de J. G. The potencial for high quality Bourbon coffees from different environments. **Journal of Agricultural Science**, Canada, v. 5, n. 10, 2013, p. 87–98.
- GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C. Manejo de irrigação. Coeficientes de cultura para cafeeiros (Coffea arabica L) no cerrado. ABID. Revista ITEM, **Irrigação & Tecnologia Moderna**. V. 69/70. Brasília/DF. 2006, p. 81–86.
- GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C. Manejo do cafeeiro irrigado no Cerrado com estresse hídrico controlado. ABDID. Revista ITEM, **Irrigação & Tecnologia Moderna**, n. 65/66. Brasília/DF, 2005, p. 42–45.
- GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C.; FILHO, G. C. R.; TOLEDO, P. M. R.; RIBEIRO, L. F. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. ABID. Revista ITEM, **Irrigação & Tecnologia Moderna**, n. 73. Brasília/DF, 2007, p. 52–61.
- LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ. H. E. P.; SALOMÃO, L. C. C.; CRUZ, C. D.; MENDONÇA, S. M.; PAULA NETO, A. Alocação de fotoassimilados em folhas e frutos de cafeeiro cultivado em duas altitudes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 11, nov. 2007, p. 1521–1530.

- LEMOS, C. L. **Características morfofisiológicas e assimilação de nitrogênio em cafeeiros em sistema a pleno sol e associados com abacateiro (Persea americana) e ingazeiro (Inga edulis) em barra do choça, Bahia.** 2008. 95 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2008.
- LUNZ, A. M. P.; BERNARDES, M. S.; RIGHI, C. A.; COSTA, J. D. Modificações morfofisiológicas do cafeeiro sob diferentes níveis de disponibilidade de radiação solar. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5. 2007, Águas de Lindóia. **Anais....** Brasília: Embrapa, 2007.
- LUZ, M. P. P.; VOLTOLINI, G. B.; VOLPATO, M. M. L.; RIBEIRO, D. E.; TOSTA, M. F.; MIRANDA, F. M. de; GUIRALDELI, C.H. C.; SILVA, A. C. A. da; ALVES, A. P. C.; BORÉM, F. M. Comportamento agrometeorológico em áreas cafeieiras, em diferentes altitudes, no município de Carmo de Minas, MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9. 2015, Curitiba. **Anais....** Belo Horizonte: Embrapa Café, 2015.
- LUZ, M. P. S. **Estudo da relação de fatores climáticos com a qualidade do café na Mantiqueira de Minas.** 2014. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. de. **Lesões no tronco de cafeeiros jovens.** 2017. Disponível em: <<https://www.cafepoint.com.br/radares-tecnicos/folha-procafelesoes-no-tronco-de-cafeeiros-jovens-104492n.aspx>>. Acesso em: 09 fev. 2018.
- MORAIS, H.; CARBONIERI, J.; SERA, T.; SERA, G. H.; ANDRÉ, J. Microclima de cafeeiros durante o inverno em dois espaçamentos de plantio. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 8. 2013, Salvador. **Anais...** Belo Horizonte: Embrapa Café, 2013.
- MOREIRA, J. de A. **Produtividade e qualidade dos grãos de duas cultivares de cafeeiro orgânico submetidas a cinco regimes hídricos.** 2010. 89 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Agronomia, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.
- NASCIMENTO, E. A.; CASTRO, E. M.; DELU FILHO, N.; MESQUITA, A.C.; VIEIRA, C. V. Alterações morfofisiológicas em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). **Ciência Rural**, v. 36, n. 03, 2006, p. 852–857.
- PELOSO, A. F.; TATAGIBA, S. D.; AMARAL, J. F. T.; CAVATTE, P. C.; TOMAZ, M. A.. Efeito da aplicação de piraclostrobina no crescimento inicial de café arábica em diferentes disponibilidades hídricas. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 4, 2017, p. 498–507.
- PEZZOPANE, J. R. M.; CASTRO, F. da S.; PEZZOPANE, J. E. M.; BONOMO, R.; SARAIVA, G. S. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, 2010, p. 341–348.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; CAMARGO, M. D.; FAZUOLI, L. C. Exigência térmica do café arábica cv. Mundo Novo no subperíodo florescimento-colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, n. 32, v. 6, 2008, p. 1781–1786.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C. Diferenciação floral em cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L.) sob diferentes níveis de radiação. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 3, p. 256–268, 2011.

RAKOCEVIC, M.; SCHOLZ, M. B. dos S.; CHARMETANT, P. Fotossíntese foliar de quatro genótipos de cafeeiros em resposta a irrigação ao longo de período bianual. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9. 2015, Curitiba. **Anais...** Belo Horizonte: Embrapa, 2015.

REZENDE, F. C.; DIAS, A. L. C.; SCALCO, M. S.; FARIA, M. A. de. Efeito da densidade de plantio e da irrigação na resistência estomática do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6. 2009, Vitória. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2011.

RODRÍGUES-LÓPEZ, N. F.; CAVETTE, P. C.; SILVA, P. E. M.; MARTINS, S. C. V.; MORAIS, L. E.; MEDINA, E. F.; DAMATTA, F. M. Physiological and biochemical abilities of robusta coffee leaves for acclimation to cope with temporal changes in light availability. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 149, n. 1, set. 2013, p. 45–55.

RONCHI, C. P.; ARAÚJO, F. C. de; ALMEIDA, W. L. de. SILVA, M. A. A. da; MAGALHÃES, C. E. de O.; OLIVEIRA, L. B. de; DRUMMOND, L. C. D. Respostas ecofisiológicas de cafeeiros submetidos ao déficit hídrico para concentração da florada no Cerrado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 1, 2015, p. 24–32.

SAKIYAMA, N. et al. **Café arábica do plantio a colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015, p. 316.

SAMPAIO NETO, G. D. **Manejo da irrigação por gotejamento na cultura do Café arábica**. 2012. 53 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2. ed. Belo Horizonte: O Lutador, 2008, p. 476.

SANTOS, M. de O. **Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de frutos de cafeeiros cultivados em um gradiente de altitude na serra da Mantiqueira**. 2013. 78 f. Tese (Doutorado) – Curso de Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

SILVA, C. A. da; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. de. SILVA, C. J. da; RUFINO, M. da A. Efeito da irrigação por gotejamento no tamanho de grãos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2007.

SILVA, E. A. da; BRUNINI, O.; SAKAI, E.; ARRUDA, F. B.; PIRES, R. C. de M. **Influência de déficits hídricos controlados na uniformização do florescimento e produção do cafeeiro em três diferentes condições edafoclimáticas do Estado de São Paulo.** *Bragantia*, v. 68, 2009, p. 493–501.

SILVEIRA, H. R. de O. **Variação sazonal de atributos ecofisiológicos e metabólicos de café arábica em três altitudes.** 2014. 73 f. Tese (Doutorado) – Curso de Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

SILVEIRA, H. R. de O.; ANDRADE, L. N. de; SOUZA, K. R. D. de. SANTOS, M. de O.; ANDRADE, C. A.; BOMFIM, S. C.; ALVES, J. D. Técnicas de extração de conhecimento aplicadas à identificação do comportamento do crescimento e desenvolvimento de cafeeiros em três altitudes. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9. 2015, Curitiba. **Anais...** Belo Horizonte: Embrapa Café, 2015a.

SILVEIRA, H. R. de O.; SOUZA, K. R. D. de; SILVA, D. M. da; ANDRADE, C. A.; BOAS, L. V. V.; CAMPOS, C. N., ALVES, J. D. Variação sazonal do metabolismo de carboidratos em café arábica em três altitudes. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9. 2015, Salvador. **Anais...** Belo Horizonte: Embrapa Café, 2015b.

SILVEIRA, H. R. de O.; SANTOS, M. de O.; SILVA, V. A.; VENTURIN, R. P.; MOREIRA, F. C.; DANTAS, M. F.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; VOLPATO, M. M. L. Respostas ecofisiológicas de cafeeiros consorciados com espécies madeireiras no sul de minas gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9. 2015, Salvador. **Anais...** Belo Horizonte: Embrapa Café, 2015c.

SOARES, A. R.; MANTOVANI, E. C.; RENA, A. B.; COELHO, M. B.; SOARES, A. A. Influência da irrigação localizada sobre o desenvolvimento radicular do cafeeiro em solos de Patrocínio Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4. 2005, Londrina. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2005.

SOUZA JÚNIOR, E. A. de; Silveira, H. R. de O.; Silva, V. A.; Castro, E. M. de; Colares, M. F. B.; Lima, L. A.; Oliveira, P. M. de. Aspectos morfofisiológicos de café conilon e arabica cultivados em região semiárida. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7. 2011, Araxá. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2011, p. 1-1.

SOUZA, J. M. de; PEZZOPANE, J. R. M.; CZEPAK, M. P.; GASPARI-PEZZOPANE, C. de; OLIVEIRA, R. J. de. Crescimento vegetativo do cafeeiro conilon arborizado com nogueira macadâmia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6. 2009a, Vitória. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2011.

SOUZA, J. M. de; PEZZOPANE, J. R. M.; GASPARI-PEZZOPANE, C. de; FERRARI, W. R.; MONTEIRO, K. R.; MARSETTI, M. M. S. Crescimento vegetativo do cafeeiro conilon consorciado com coqueiro anão verde. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6. 2009b, Vitória. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2011.

SOUZA, L. F. de. **Utilização da variação dendrométrica como indicador para o manejo da irrigação de plantas de café. 2009.** 75 f. Tese (Doutorado) – Curso de Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2009.

ZHU, J. T. LI, X. Y.; ZHANG, X. M.; ZENG, F. J.; LIN, L. S.; YANG, S. G.; GUI, D. W. WANG, H. Ecophysiological adaptation of *Calligonum roborovskii* to decreasing soil water content along an altitudinal gradient in the Kunlun Mountains, Central Asia. **Russian Journal of Plant Physiology**, New York, v. 57, n. 6, p. 826–832, Nov. 2010.