

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**ANA PAULA PEREIRA BIS**

**CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA EM  
LAVOURA DE CAFÉ CONILON EM DIFERENTES  
ALINHAMENTOS: NORTE-SUL E LESTE-OESTE**

**São Mateus – ES  
Fevereiro de 2018**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA EM  
LAVOURA DE CAFÉ CONILON EM DIFERENTES  
ALINHAMENTOS: NORTE-SUL E LESTE-OESTE**

**ANA PAULA PEREIRA BIS**

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

Orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Partelli

**São Mateus-ES  
Fevereiro de 2018**

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)  
(Divisão de Biblioteca Setorial do CEUNES - BC, ES, Brasil)

---

B621c Bis, Ana Paula Pereira, 1991-  
Caracterização microclimática em lavoura de café conilon em diferentes alinhamentos : norte-sul e leste-oeste / Ana Paula Pereira Bis. – 2018.  
47 f. : il.

Orientador: Fábio Luiz Partelli.  
Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) –  
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo.

1. Café - Cultivo. 2. Microclimatologia. I. Partelli, Fábio Luiz. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. III. Título.

CDU: 63

ANA PAULA PEREIRA BIS

**CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA EM LAVOURA DE CAFÉ  
CONILON EM DIFERENTES ALINHAMENTOS: NORTE-SUL E  
LESTE-OESTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2018.

**COMISSÃO EXAMINADORA**



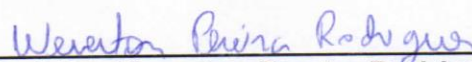
---

**Prof. Dr. Fábio Luiz Partelli**  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientador



---

**Prof. Dr. Antelmo Ralph Falqueto**  
Universidade Federal do Espírito Santo



---

**Prof. Dr. Weverton Pereira Rodrigues**  
Universidade Estadual do Norte  
Fluminense

*“O próprio Senhor irá à sua frente e estará com você; ele nunca o deixará, nunca o abandonará. Não tenha medo! Não se desanime! (Deuteronômio 31:8)*

Ao meu pai Eloi Fontana Bis, à minha mãe Clementina Pereira Bis, à minha irmã Luana Paula Pereira Bis e ao meu noivo Olavo Bergamin Ferrari, dedico.

## AGRADECIMENTOS

Meu primeiro agradecimento é a Deus, por dar-me a fortaleza, a dedicação e a paciência para alcançar todas e cada uma das minhas metas na vida e principalmente por sua proteção constante.

Depois, meu bem maior: minha família.

Agradecer o meu pai Eloi Fontana Bis, que me deu todo incentivo e apoio para cursar este mestrado. Um homem que sempre se mostrou orgulhoso de mim em todos os momentos. Quero te agradecer pai, por despertar em mim o desejo de querer ser uma pessoa melhor a cada dia. Meu exemplo de vida!

À minha mãe Clementina Pereira Bis, por ser minha principal fonte de amor, carinho e apoio desde meus primeiros passos, por ser uma mulher admirável e o melhor exemplo de fortaleza, de mãe, de companheira e de amiga. Obrigada mãe, por não ter medido esforços para que este sonho se realizasse e por ter acreditado em mim.

À minha irmã Luana Paula Pereira Bis, que sempre me ajudou nos momentos que mais precisei. Sua personalidade e autenticidade muitas vezes me inspiraram e me ajudou a ser mais forte. Agradecer também meu cunhado Felipe Zagotto, que é um exemplo de perseverança.

Não poderia deixar de agradecer ao meu irmão Eloi Júnior Bis, que de outra dimensão, intercedeu por mim todas as vezes que me encontrava em situação difícil. Assim também, meu avô Donato Pereira e minhas avós Maria Pansiere e Leonora Fontana Bis.

Ao meu noivo Olavo Bergamin Ferrari, que me amparou nos momentos de fragilidade, que me incentivou sempre buscar o melhor caminho profissional, que me apoiou a correr atrás de todos meus sonhos e principalmente por ter feito parte dos meus melhores momentos.

Ao meu orientador Fábio Luiz Partelli, que contribuiu de forma valorosa na construção deste trabalho e a quem tenho uma grande admiração pela ética e profissionalismo, que me fizeram crescer tanto pessoal quanto profissionalmente.

Agradecer a amizade, o carinho, o apoio e os conselhos de cada amiga que estive do meu lado, me dando força e me fazendo esquecer as minhas ansiedades e angústias, mesmo com a grande distância que nos separa hoje: Andressa

Azevedo, Lilian Thurler, Marina Thurler, Marina Ribeiro, Pollyana Machado e Talita Cristie. Vocês foram essenciais para concretização deste sonho!

À Danielle Freisleben Lavanhole, que nos últimos dois anos, esteve presente em grande parte dos meus momentos na UFES e foi meu amparo nesta caminhada.

Ao Gleison Oliosí, por sempre estar disposto a ajudar em todas as etapas desse trabalho, assim como, pelas suas valiosas colaborações e orientações nesta dissertação.

Aos proprietários rurais José Paulo Ferrari e Jocemar da Silva que cederam suas áreas para realização desta pesquisa.

À Universidade Federal do Espírito Santo e ao Centro Universitário Norte do Espírito Santo, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa.

A todas as pessoas que, de uma forma ou outra, contribuíram para minha formação.

Obrigada a todos!

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>1 CAPÍTULOS</b> .....	1
<b>1.1 CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA DO CAFEIEIRO CONILON CULTIVADO NO ALINHAMENTO NORTE-SUL</b> .....	<b>2</b>
RESUMO.....	2
ABSTRACT .....	2
1.1.1 INTRODUÇÃO .....	3
1.1.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	5
1.1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	7
1.1.4 CONCLUSÕES .....	17
1.1.5 AGRADECIMENTOS.....	17
1.1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
<b>1.2 CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA DO CAFEIEIRO CONILON CULTIVADO NO ALINHAMENTO LESTE-OESTE</b> .....	<b>20</b>
RESUMO.....	20
ABSTRACT .....	20
1.2.1 INTRODUÇÃO .....	21
1.2.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	23
1.2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
1.2.4 CONCLUSÕES .....	34
1.2.5 AGRADECIMENTOS.....	34
1.2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34



## RESUMO

BIS, Ana Paula Pereira; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Fevereiro de 2018; **Caracterização microclimática em lavoura de café conilon em diferentes alinhamentos: norte-sul e leste-oeste**; Orientador: Fábio Luiz Partelli.

O café é um dos mais relevantes commodities agrícolas no mercado global, por ser uma bebida consumida por pelo menos metade da população mundial. No entanto, essa expressiva contribuição econômica empreendida pela produção do café poderá ser afetada caso não sejam estudados os problemas provenientes das mudanças climáticas globais. Diante desse contexto, o primeiro capítulo “Caracterização microclimática do cafeeiro conilon cultivado no alinhamento norte-sul” visa avaliar as variáveis climáticas a fim de quantificá-las e apontar possíveis efeitos sobre uma lavoura orientada no alinhamento norte-sul. O experimento foi realizado em quatro datas no período de dezembro de 2016 a setembro de 2017. Foram quantificadas as variáveis irradiância, temperatura do ar e déficit de pressão de vapor no lado da planta voltado para o leste e para o oeste. Foram obtidas imagens térmicas utilizando uma câmera infravermelha para determinar a temperatura foliar do cafeeiro nos dois lados da planta e foram realizadas avaliações de crescimento da planta e concentração foliar. Não houve diferença significativa entre os dois lados para os fatores que caracterizam o crescimento da planta. O lado oeste da planta apresentou maiores valores de irradiância, temperatura e déficit de pressão de vapor no período da tarde, chegando a atingir uma diferença média de 5°C entre os dois lados aproximadamente às 16 horas. A temperatura foliar teve resposta similar a temperatura do ar, atingindo uma diferença média de aproximadamente 12°C entre os dois lados às 14 e 16 horas. O segundo capítulo teve como objetivo avaliar a influência do alinhamento de plantio leste-oeste quanto os aspectos microclimáticos e crescimento da planta a fim de quantificar as variáveis e apontar seus possíveis efeitos sobre o cafeeiro. A coleta de dados foi realizada em uma lavoura de café conilon (*Coffea canephora*) a pleno sol com 2 anos e 6 meses de idade no início do experimento, com espaçamento de 3,0m x 1,0m, com uma altura aproximadamente de 1,6 m. O experimento foi realizado em quatro datas no período de dezembro de 2016 a setembro de 2017. Foram quantificadas as variáveis irradiância, temperatura do ar e déficit de pressão de vapor no lado da planta voltado para o norte e sul por

meio de registradores de dados externos. Foram obtidas imagens térmicas utilizando uma câmera infravermelha para determinar a temperatura foliar do cafeeiro nos dois lados da planta. Avaliou-se o crescimento da planta e concentração foliar nos lados da planta voltado para o norte e para o sul. O lado norte da planta apresentou maiores valores de irradiância, temperatura e déficit de pressão de vapor, chegando a atingir uma diferença de 4°C entre os dois lados. A temperatura foliar teve comportamento similar a temperatura do ar, atingindo uma diferença de aproximadamente 11°C entre os dois lados ao meio dia. Não houve diferença significativa entre os dois lados para os fatores avaliados que caracterizam o crescimento da planta.

**Palavras-chave:** *Coffea canephora*, irradiância, temperatura.

## ABSTRACT

BIS, Ana Paula Pereira; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Fevereiro de 2018; **Microclimatic characterization in conilon coffee plantations in different alignments: north-south and east-west**; Advisor: Fábio Luiz Partelli.

Coffee is one of the most important agricultural commodities in the global market, because it is a drink consumed by at least half the world's population. However, this significant economic contribution made by coffee production may be affected if problems arising from global climate change are not studied. In this context, the first chapter "Microclimatic characterization of conilon coffee cultivated in the north-south alignment" aims to evaluate the climatic variables in order to quantify them and to point out possible effects on a north-south aligned crop. The experiment was carried out in four dates from December 2016 to September 2017. The variables irradiance, air temperature and vapor pressure deficit were quantified on the side of the plant facing east and west. Thermal images were obtained using an infrared camera to determine the coffee. There was no significant difference between the two sides for the evaluated factors that characterize the plant growth. The west side of the plant had higher values of irradiance, temperature and vapor pressure deficit in the afternoon, reaching an average difference of 5°C between the two sides at approximately 16 hours. Leaf temperature had similar behavior to air temperature, reaching an average difference of approximately 12°C between the two sides at 14 and 16 hours. The second chapter aimed to evaluate the influence of the east-west plantation alignment on the microclimatic aspects and plant growth in order to quantify the variables and to point out their possible effects on the coffee crop. Data collection was carried out in a full-fledged conilon coffee crop (*Coffea canephora*) at 2 years and 6 months of age at the beginning of the experiment, with a spacing of 3,0m x 1,0m, with a height of approximately 1,6 m. The experiment was carried out in four dates from December 2016 to September 2017. The variables irradiance, air temperature and vapor pressure deficit were quantified on the plant side facing north and south by means of external data loggers. Thermal images were obtained using an infrared camera to determine the coffee leaf temperature on both sides of the plant. The growth of the plant and leaf concentration on the sides of the plant facing

north and south were evaluated. The northern side of the plant presented higher values of irradiance, temperature and vapor pressure deficit, reaching a difference of 4 °C between the two sides. The leaf temperature had a similar behavior to the air temperature, reaching a difference of approximately 11 °C between the two sides at noon. There was no significant difference between the two sides for the evaluated factors that characterize the plant growth.

**Key words:** *Coffea canephora*, irradiance, temperature.

**1    CAPÍTULOS**

## 1.1 CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA DO CAFEIEIRO CONILON CULTIVADO NO ALINHAMENTO NORTE-SUL

**RESUMO.** O café é um dos mais relevantes *commodities* agrícolas no mercado global, isso porque é uma bebida consumida por pelo menos metade da população mundial. Essa expressiva contribuição econômica empreendida pela produção do café enfrenta desafios provenientes das atuais mudanças climáticas globais. Este capítulo visa estudar a influência do alinhamento de plantio norte-sul quanto os aspectos microclimáticos e crescimento da planta a fim de quantificar as variáveis e apontar possíveis consequências sobre o cafeeiro. A coleta de dados foi efetuada em uma lavoura de café conilon (*Coffea canephora*) a pleno sol com 6 anos e 9 meses de idade no início do experimento, com espaçamento de 3,5m x 1,0 m, com uma altura aproximadamente de 1,6 m. O experimento foi realizado em quatro datas no período de dezembro de 2016 a setembro de 2017. Foram quantificadas as variáveis irradiância, temperatura do ar e déficit de pressão de vapor meio de registradores de dados externos. Foi determinado a temperatura foliar através de imagens térmicas e foi avaliado o crescimento da planta e concentração foliar nos dois lados da planta. O lado oeste da planta apresentou maiores valores de irradiância, temperatura e déficit de pressão de vapor no período da tarde, chegando a atingir uma diferença de 5°C entre os dois lados. A temperatura foliar teve comportamento similar a temperatura do ar, atingindo uma diferença de aproximadamente 12°C entre os dois lado no período da tarde. Não houve diferença significativa entre os dois lados para os fatores que caracterizam o crescimento da planta.

**Palavras-chave:** *Coffea canephora*, irradiância, temperatura, leste, oeste.

**ABSTRACT.** Coffee is one of the most relevant agricultural commodities in the global market, because it is a drink consumed by at least half the world's population. This significant economic contribution made by coffee production faces challenges arising from the current global climate change. This chapter aims to study the influence of the north-south plantation alignment on microclimatic aspects and plant growth in order to quantify the variables and point out possible consequences on the coffee

tree. Data collection was carried out in a full-fledged conilon coffee crop (*Coffea canephora*) at 6 years and 9 months of age at the beginning of the experiment, with a spacing of 3,5m x 1,0m, with a height of approximately 1,6 m. The experiment was carried out in four dates from December 2016 to September 2017. The variables irradiance, air temperature and vapor pressure deficit were quantified by means of external data loggers. The leaf temperature was determined through thermal imaging and the plant growth and foliar concentration on both sides of the plant were evaluated. The west side of the plant had higher values of irradiance, temperature and vapor pressure deficit in the afternoon, reaching a difference of 5 °C between the two sides. Leaf temperature had a similar behavior to air temperature, reaching a difference of approximately 12 °C between the two sides in the afternoon. There was no significant difference between the two sides for the evaluated factors that characterize the plant growth.

**Key words:** *Coffea canephora*, irradiance, temperature, east, west.

### 1.1.1 INTRODUÇÃO

O café é um dos mais relevantes *commodities* agrícolas no mercado global, isso porque é uma bebida consumida por pelo menos metade da população mundial. Resultados recentes sugerem que níveis mais altos de consumo de café estão associados a um risco menor de morte causadas especificamente por doenças digestivas e circulatórias (GUNTER et al., 2017).

Em 2017, a produção cafeeira mundial superou 158 milhões de sacas onde aproximadamente 62% foi referente a produção de café Arábica (*Coffea arabica*) e 38% ao café Robusta/Conilon (*Coffea canephora*) (ICO, 2018). No Brasil, a produção neste mesmo ano atingiu 44,97 milhões de sacas beneficiadas, onde 24% dessa produção correspondeu ao café conilon, mantendo assim sua posição como segundo maior produtor mundial dessa espécie (CONAB, 2017).

Essa expressiva contribuição econômica empreendida pela produção do café enfrenta desafios provenientes das atuais mudanças climáticas globais (DAMATTA et al., 2012). Rodrigues et al. (2016) afirmam que a pesquisa científica tem estudado as alterações climáticas e seus efeitos principalmente o aumento da temperatura do

ar, a alteração da sazonalidade pluviométrica e o consequente aumento do déficit hídrico prolongado.

Dentre as variáveis climáticas, a radiação solar é fundamental na caracterização dos demais fatores climáticos. É definida pelo movimento de translação da Terra em torno do sol durante o ano e pela inclinação no seu eixo imaginário de rotação em relação ao plano da órbita terrestre (FERREIRA et al., 2012). A radiação solar capturada por uma cultura é uma importante variável meteorológica responsável por determinar a transpiração e fotossíntese da planta (ANGELOCCI et al., 2008). Entretanto, sabe-se que elevados valores de irradiação combinados com altas temperaturas podem danificar as folhas, por dificultar diversos processos metabólicos foliares e aumentar a produção de moléculas altamente reativas de clorofila e oxigênio (RAMALHO et al., 1998; DAMATTA & RAMALHO, 2006).

A cultura do café está exposta a altas temperaturas extrapolando muitas vezes os 38°C no verão, fase de enchimento dos grãos (PARTELLI et al., 2010, 2013, 2014). O café conilon cultivado a temperaturas médias das mínimas inferiores a 17°C ou média das máximas superiores a 31°C, promove uma diminuição na taxa de crescimento, prejudicando diretamente na produção (PARTELLI et al., 2013). Para DaMatta & Ramalho (2006) os extremos de temperatura e a insuficiência da água afetam não só o crescimento, mas também o desenvolvimento e produtividade dessa cultura. Essas condições microclimáticas, combinadas com a ocorrência de ventos fortes e altas taxas de evapotranspiração, causam estresse ambiental para a cultura, exigindo diferentes técnicas para mitigar esses problemas (PARTELLI et al., 2013).

Nas regiões de encosta, os fatores climáticos que caracterizam o microclima são influenciados pelo movimento de rotação da Terra, pela sazonalidade e pela orientação da face de exposição da encosta (FERREIRA et al., 2012). Em regiões planas, os fatores climáticos também são definidos por essas características. Neste caso, a orientação na qual a lavoura está inserida é um dos fatores que pode influenciar no microclima local, pois é fator elementar quanto à interceptação da radiação solar direta em ambas os lados da planta (OLIVEIRA et al., 2012). Portanto, entender o sistema que constitui o microambiente é essencial para criar estratégias de adaptação aos efeitos das alterações climáticas (CRAPRARO et al., 2017).



Diante desse contexto, inúmeros fatores podem interferir na resposta do cafeeiro em razão da face de exposição ao sol. Portanto, a compreensão e combinação desses fatores podem contribuir para um manejo mais sustentável da lavoura. Este capítulo visa estudar a influência do alinhamento de plantio norte-sul quanto os aspectos microclimáticos e crescimento da planta a fim de quantificar as variáveis e apontar possíveis consequências sobre o cafeeiro.

### 1.1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma propriedade rural localizada no município de Boa Esperança, situado na região norte do Espírito Santo. As coordenadas geográficas do local de estudo são 18°31'19.66" de latitude sul e 40°20'36.75" de longitude oeste com altitude de 146,42 m acima do nível do mar e relevo plano. O clima local é caracterizado pela classificação proposta por Köppen como Aw – tropical úmido, com inverno seco e verão quente e úmido (ALVARES et al., 2013). O experimento foi realizado no período de dezembro de 2016 a setembro de 2017.

A coleta de dados foi efetuada em uma lavoura de café conilon (*Coffea canephora*) a pleno sol com 6 anos e 9 meses de idade no início do experimento, com espaçamento de 3,5m x 1,0m, com uma altura aproximadamente de 1,6 m, mantida sob irrigação localizada tipo gotejamento e orientada no alinhamento norte-sul.

Foram estabelecidos quatro alinhamentos para o cafeeiro em função de quatro datas ao longo do ano: 1º) 15/12/2016, 2º) 05/03/2017, 3º) 18/06/2017 e 4º) 20/09/2017. Esses quatro alinhamentos foram calculados mediante a determinação da posição do sol em certo instante, num dado local e data, por meio do ângulo zenital.

Para os cálculos adotou-se o horário das 9 h, pois para uma dada latitude e data, o posicionamento do sol neste horário formará um ângulo horário de 45º com um ponto referencial da Terra, apresentando um deslocamento máximo angular que o Sol pode ter para haver maior disponibilidade de radiação solar naquele ponto (CUNHA et al., 2011).

Para determinar os quatro alinhamentos, calculou-se azimute do sol, por meio do ângulo no plano horizontal entre a projeção do raio do Sol e o ponto cardeal N-S com base no ângulo zenital, já que é este quem define a posição do sol em relação ao plano vertical local. Apresenta-se o azimute que representa cada alinhamento para as datas estabelecidas, os horários de sol nascente e poente, o ângulo horário, declinação do Sol e o ângulo zenital (Tabela 1).

TABELA 1: Horários de sol nascente e poente, ângulo horário, declinação do sol, ângulo zenital e azimute solar para a lavoura de café conilon cultivada no alinhamento norte-sul em Boa Esperança, ES.

Data	Horário do Sol (h)		Ângulo Horário	Declinação do Sol	Ângulo Zenital	Azimute
	Nascente	Poente	(h)	(d)	(Z)	(a)
15/12/2016	05:59	19:14	45°	23,37° S	42,14°	75,33° - 255,33°
05/03/2017	05:41	18:04	45°	6,76° S	45,31°	99,02° - 279,02°
18/06/2017	06:12	17:13	45°	23,41° N	60,72°	48,07° - 228,07°
20/09/2017	05:32	17:37	45°	0,20° S	47,81°	107,38° - 287,38°

Fonte: Elaborado pela autora .

A caracterização do microclima foi realizada utilizando a medição das variáveis irradiância ( $\text{lum}/\text{ft}^2$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e umidade relativa (%). As medições foram obtidas por meio de um registrador de dados externos (HOBO U12 Temp/RH/Light/External Data Logger), implantados a 1,20 m de altura acima da superfície e em duas posições diferentes por planta: lado oeste e lado leste. Este aparelho foi programado para registrar os dados a cada 10 minutos, entre 6:00h e 19:00h em oito repetições.

De posse dos dados da umidade relativa e temperatura do ar obtidos nas avaliações microclimáticas, calculou-se o déficit de pressão de vapor (DPV) de acordo com o modelo proposto por Tetens (1930).

Foram obtidas imagens térmicas através de uma câmera infravermelha Flir T440 (FLIR-Estados Unidos), com emissividade de 0.98, gradiente de imagem de 76.800 pixels (320 x 240) e uma sensibilidade térmica de  $0,035^{\circ}\text{C}$ . Uma folha foi escolhida aleatoriamente no terço superior da planta a fim de quantificar sua temperatura pontual no lado da planta voltado para o oeste e o leste da lavoura. Foram selecionadas folhas mais jovens totalmente expandidas. O delineamento experimental foi em parcelas subdivididas, onde as parcelas correspondem aos

horários das avaliações: 8h (T1), 10h (T2), 12h (T3), 14h (T4) e 16h (T5) e as sub parcelas ao dois lados da planta (leste e oeste). A parcela experimental foi constituída por 8 plantas (repetições), onde foram realizadas avaliações de crescimento, estiolamento, número de nós por ramo e avaliações microclimáticas.

Para o estudo do crescimento, foram efetuadas medições do comprimento dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos no terço superior nos lados oeste e leste da planta, com o auxílio de uma régua graduada, no mesmo dia da primeira e da última avaliação climática. Foi quantificado o número de nós dos ramos plagiotrópicos em cada lado da planta na última data do experimento. Nessas avaliações foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado.

Para análise da concentração foliar, foram coletadas a terceira e quarta folha a partir do ápice dos ramos, quatro folhas em cada lado da planta, em quatro repetições. As folhas foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificados e remetidos ao laboratório de Análise de Tecido Vegetal onde foi realizada a análise de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Zn, Fe e Mn de acordo com Silva (2009). Para análise estatística, utilizou-se o delineamento em parcelas subdivididas, onde as parcelas corresponderam às quatro datas avaliadas e as sub parcelas aos dois lados da planta.

Os dados de temperatura foliar, crescimento, estiolamento e concentração foliar foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, realizando-se mediante o uso do programa estatístico Genes (CRUZ, 2013).

### **1.1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A irradiância média no lado da planta voltado para o leste apresentou valores numericamente superiores em relação ao lado voltado para o oeste no período da manhã em todas as datas do experimento (Figura 1). Isso acontece porque o lado leste recebe a incidência da radiação solar direta pela manhã até o meio dia.

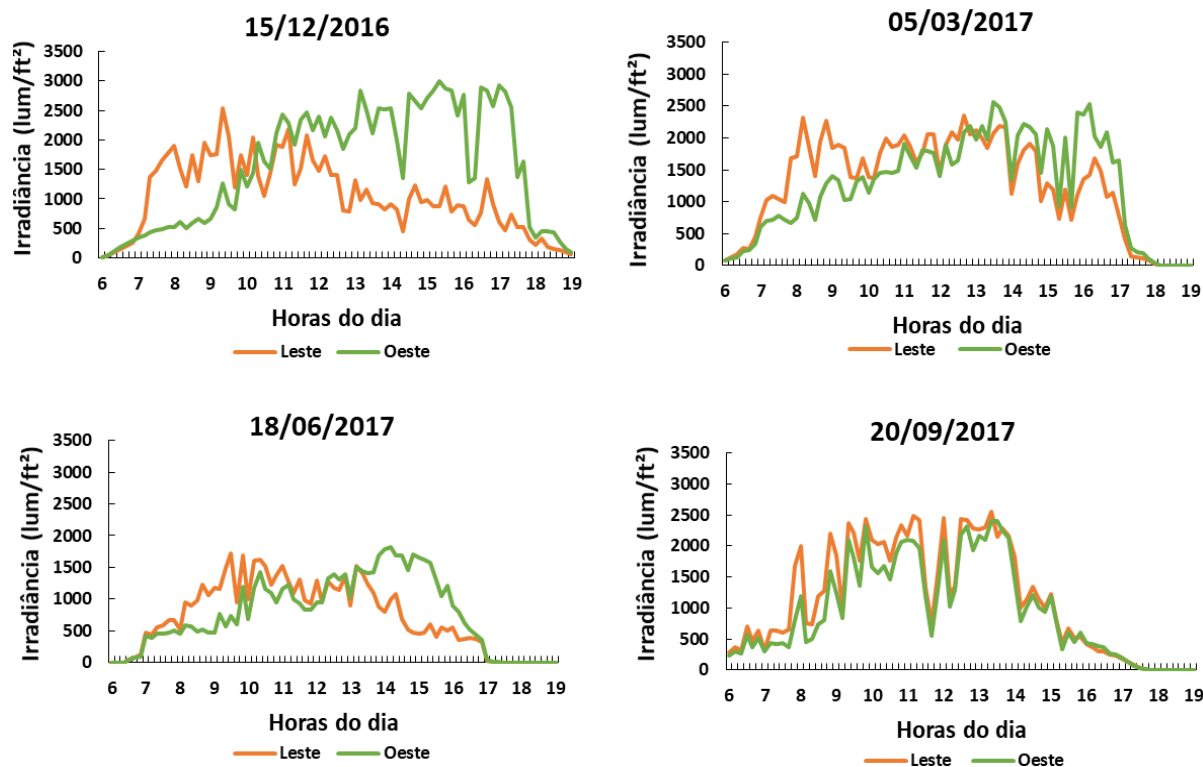


FIGURA 1: Irradiância média diária referente a quatro datas (15/12/2016, 05/03/2017, 18/06/2017 e 20/09/2017) em um cafeeiro conilon cultivado no alinhamento norte-sul em Boa Esperança, ES.

No período da tarde, o lado leste da planta deixa de receber a radiação solar direta e o lado da planta voltado para o oeste passa a receber essa radiação, por isso maiores valores foram obtidos para este lado em todas as datas do experimento, com exceção do dia 20/09/2017. Santinato et al. (1996) afirmam que a face da linha de plantio voltada para o sol da tarde está mais suscetível a escaldadura, conhecida como descoloração foliar.

No dia 20/09/2017 foram obtidos valores similares para os dois lados, em decorrência do aparecimento de nuvens nesse período. As nuvens são responsáveis por refletirem para o universo grande parte da radiação solar incidente (FERREIRA et al., 2012).

Observa-se que a sequência com valores mais elevados de irradiância estão associados a data 15/12/2016, cujo ângulo zenital calculado para este dia é menor, o que significa que a posição do sol em relação ao plano vertical local também é menor, e conseqüentemente há uma redução da obliquidade dos raios solares aumentando assim a radiação solar incidente. O contrário ocorre com os valores referentes aos dados obtidos no dia 18/06/2017, onde o ângulo zenital é maior, a

posição do sol em relação ao zênite também é maior, aumentando assim a obliquidade dos raios solares e como resultado, ocorre a redução da radiação solar incidente.

No período da manhã as maiores temperaturas médias foram obtidas no lado da planta voltado para o leste nas datas 15/12/16, 05/03/17 e 18/06/17 por ser o lado que aquece mais rápido em decorrência da radiação solar direta (Figura 2). Enquanto que o lado da planta voltado para o oeste é aquecido mais lentamente pela radiação solar indireta no período da manhã, fato que explica o comportamento do gráfico para essas três datas.

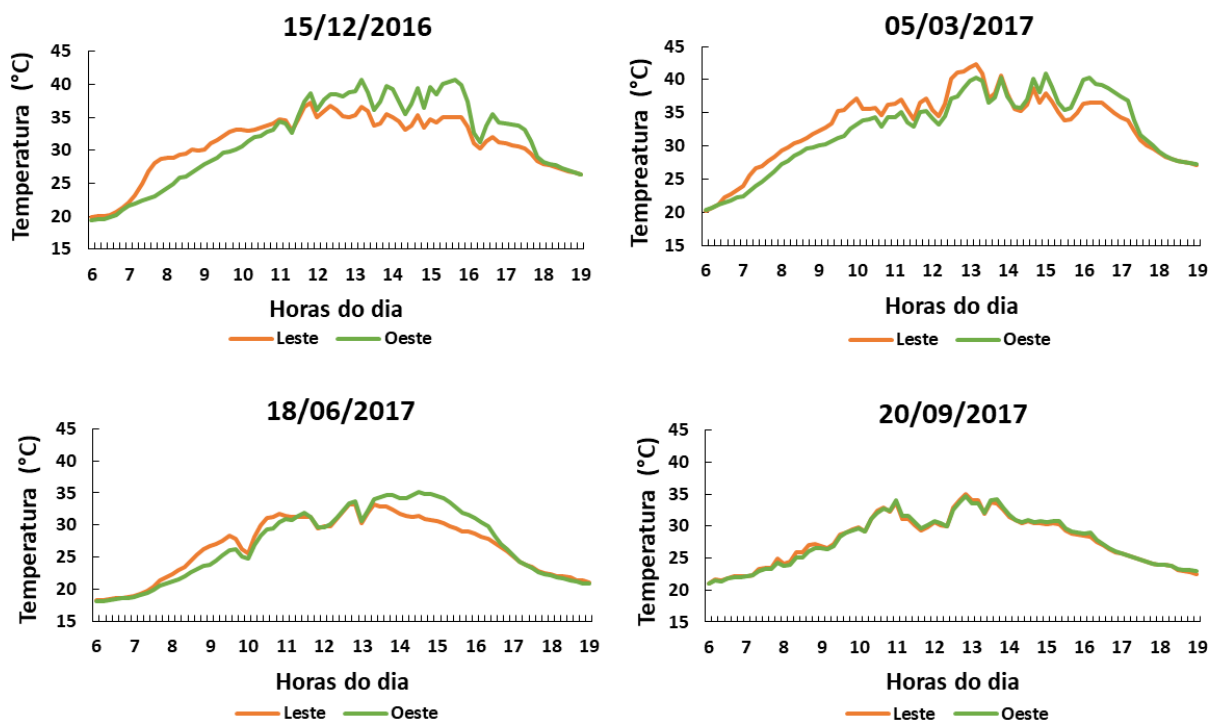


FIGURA 2: Temperatura média diária referente a quatro datas (15/12/2016, 05/03/2017, 18/06/2017 e 20/09/2017) em um cafeeiro conilon cultivado no alinhamento norte-sul em Boa Esperança, ES.

No período da tarde, o lado leste começa o processo de resfriamento já que a radiação solar está incidindo diretamente no lado da planta voltado para o oeste, promovendo sombreamentos no lado leste, o que pode resultar em temperaturas mais amenas.

Nota-se que para as datas 15/12/16, 05/03/17 e 18/06/17 os maiores valores de temperaturas médias alcançadas foram no período da tarde. Isto pode ser

explicado pelo fato do lado leste receber os raios solares com menor intensidade pela manhã por precisarem percorrer uma distância maior para atingir a superfície terrestre. Ao meio dia, o sol está no Zênite, instante em que a obliquidade dos raios solares é nula, portanto a espessura da atmosfera a ser atravessada é menor, momento em que ocorre a maior intensidade da radiação solar promovendo assim altas temperaturas neste horário (FERREIRA et al., 2012). A tarde, o efeito é parecido com o da manhã, porém, há ainda muito calor na superfície da terra resultado do aquecimento pelo sol, promovendo assim valores de temperaturas médias mais elevadas a tarde.

Esses resultados descritos acima foram observados em todas as datas com exceção do dia 20/09/2017, onde tanto o lado leste quanto o oeste apresentaram temperaturas médias similares no período da manhã e da tarde. Possivelmente esse comportamento é atribuído ao aparecimento de nuvens, fato esse responsável pela obtenção de temperaturas mais amenas.

Foi observado uma diferença de temperatura média entre os dois lados de 5°C aproximadamente às 16 horas, enquanto que pela manhã essa diferença foi menos expressiva. Além disso, os valores de temperaturas são numericamente menores pela manhã quando comparados com o período da tarde. Em virtude desses resultados, sugere-se ressaltar que o maior estresse dessa planta acontece no lado oeste, no período da tarde, já que foram registradas temperaturas médias altas de aproximadamente 42°C. Para Partelli et al., (2013) o café conilon cultivado a temperaturas médias das mínimas inferiores a 17°C ou a média das máximas superiores a 31°C, promove uma diminuição na taxa de crescimento, prejudicando diretamente na produção.

O déficit de pressão de vapor considera os fatores umidade relativa do ar e da temperatura para ser calculado. Foi observado que os valores do DPV se comportaram de forma inversamente proporcional a umidade relativa do ar e diretamente proporcional a temperatura. Por este motivo, os gráficos de DPV possuem comportamento semelhante ao da temperatura no período da manhã e da tarde nas quatro datas deste trabalho (Figura 3).

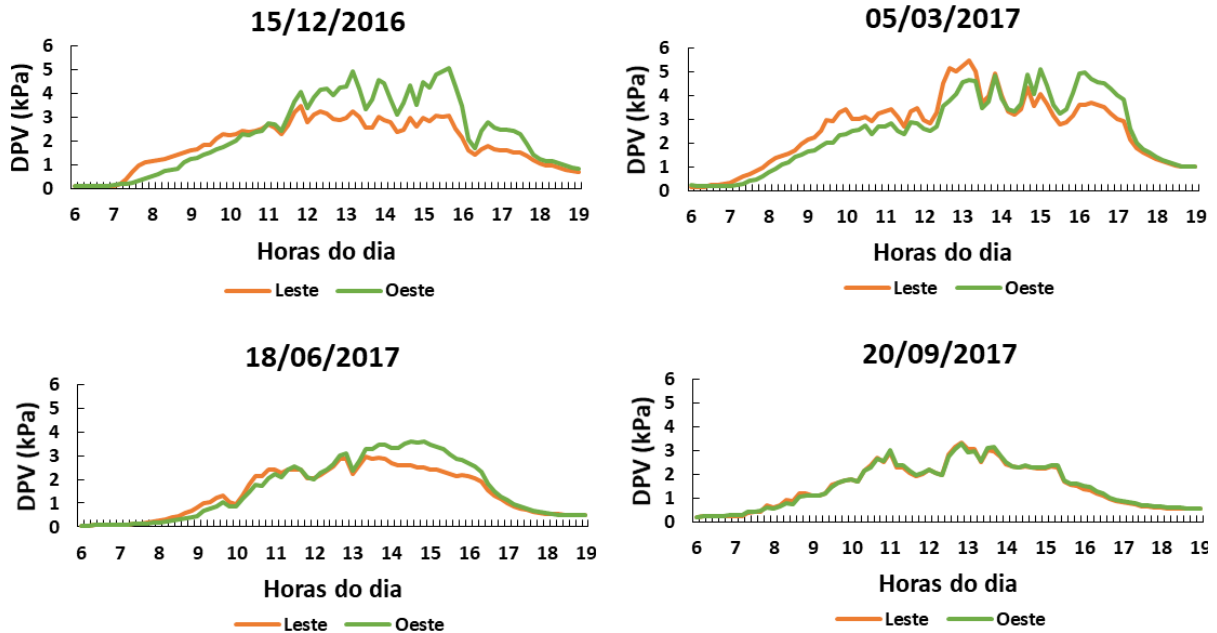


FIGURA 3: Déficit de Pressão de Vapor diário referente a quatro datas (15/12/2016, 05/03/2017, 18/06/2017 e 20/09/2017) em um cafeeiro conilon cultivado no alinhamento norte-sul em Boa Esperança, ES.

Os valores de déficit de pressão de vapor d'água no ar é uma das exigências psicrométricas a serem avaliadas antes de realizar uma pulverização. Os parâmetros meteorológicos considerados favoráveis são caracterizados por temperaturas entre 15°C e 30°C, umidade relativa do ar maior que 55% e velocidade do vento alternando entre 2 a 10 km/h. (RAETANO, 2011; MINGUELA et al., 2010; ALVARENGA et al., 2014). Considerando esses parâmetros para o cálculo do DPV, tem-se o intervalo de  $0,76 < DPV > 1,90$  que caracteriza as melhores condições para realização da pulverização.

Alvarenga et al. (2014) ao avaliar três valores de DPV (0,76, 1,76 e 2,63 kPa), concluíram que a medida que aumenta o DPV, a densidade de gotas, amplitude relativa e o tamanho das gotas são afetadas, prejudicando assim a pulverização.

Neste trabalho, foram encontrados valores de DPV próximos a 5 kPa no lado oeste da planta na parte da tarde, momento em que ocorre maior evaporação e consequentemente maior perda do produto fitossanitário, sugerindo assim menos eficiência em aplicações foliares nesse período.

Foi observada interação para a variável temperatura foliar na data 15/12, com diferença significativa nos dois lados da planta nos cinco horários avaliados, onde as maiores médias correspondem ao lado leste às 8h e 10h e no lado oeste às 14h e

16h (Figura 4). Comparando os cinco horários em relação ao lado leste da planta, a maior média significativa foi observada às 12h e para o lado oeste às 12h e 14h. Isso pode ser explicado pelo fato desses horários corresponderem com a incidência da radiação solar direta nos lados da planta que obtiveram os maiores valores. A figura 5 ilustra essa diferença entre os cinco horários para a data 15/12.

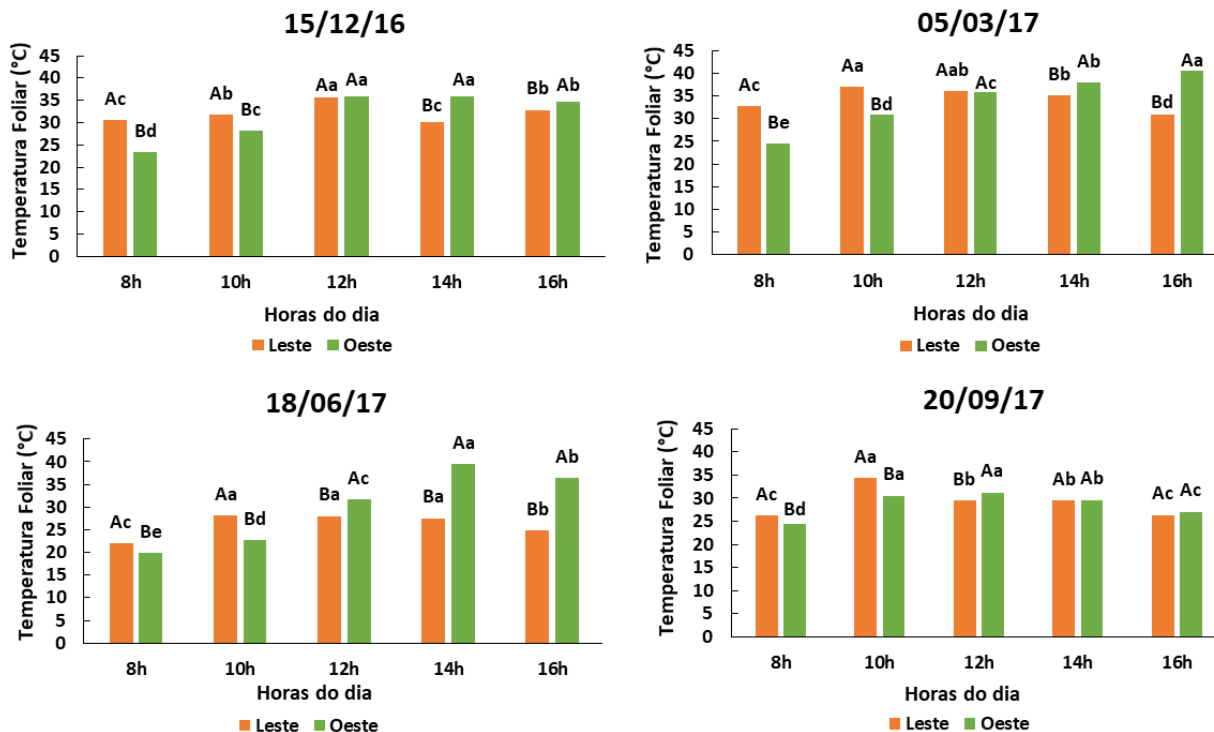


FIGURA 4: Média da temperatura foliar nas cinco horas do dia (parcelas) nos dois lados da planta (subparcelas) ao longo do ano de uma lavoura de café conilon cultivada no alinhamento norte-sul em Boa Esperança, ES. CV (%): Parcela 15/12= 2,56%; Subparcela 15/12= 2,31%; Parcela 05/03= 2,96%; Subparcela 05/03= 2,19%; Parcela 18/06= 2,62%; Subparcela 18/06= 1,93%; Parcela 20/09= 2,71%; Subparcela 20/09= 2,15%. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas representando os dois lados da planta, minúsculas representando os cinco horários, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



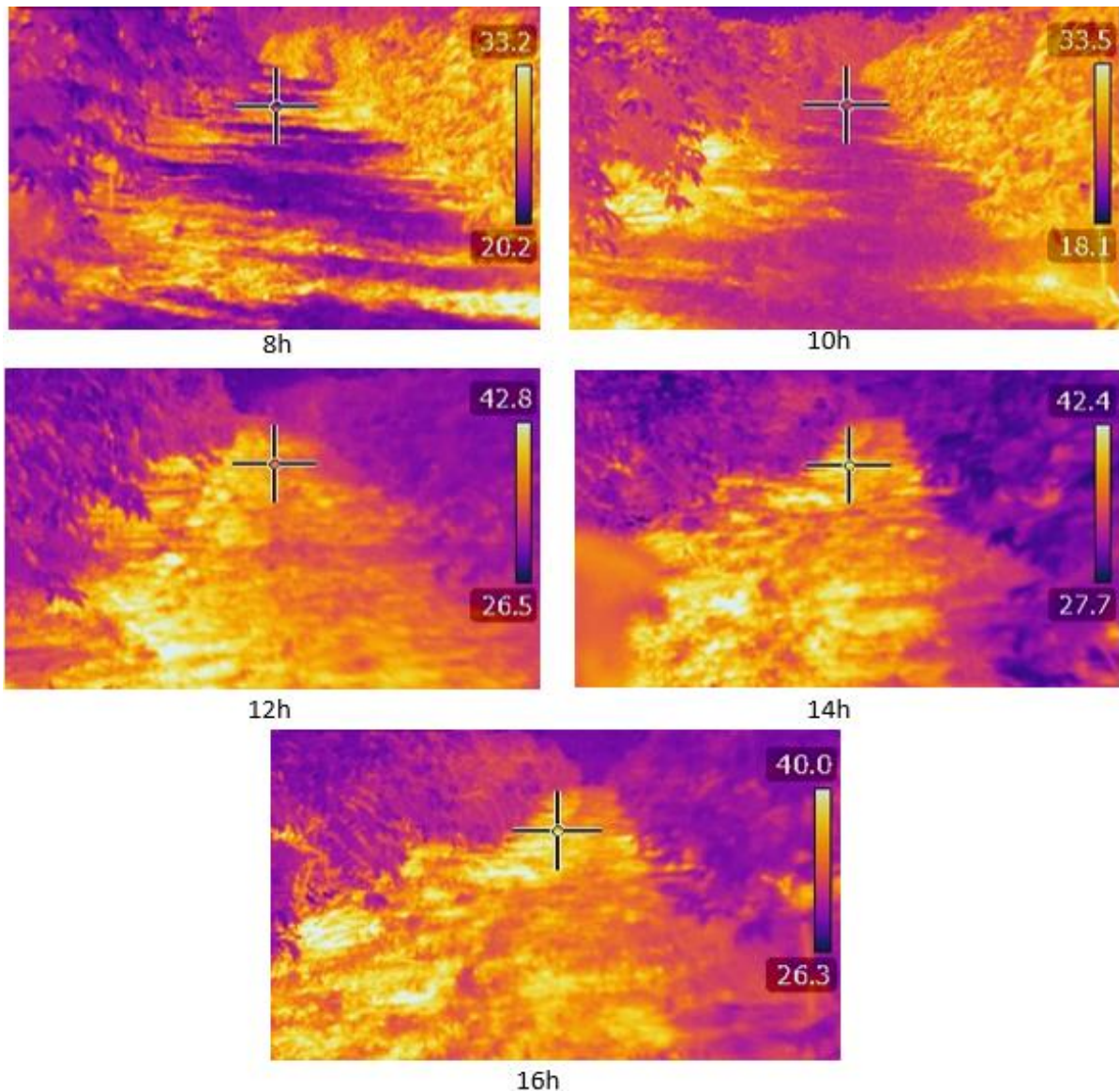


FIGURA 5: Imagem térmica da lavoura de café conilon ilustrando o lado leste (direita) e oeste (esquerda) da planta nos cinco horários para a data 15/12 em uma lavoura de café conilon cultivada no alinhamento norte-sul em Boa Esperança, ES.

Foi observada interação para a variável temperatura foliar na data 05/03, com diferença significativa nos dois lados da planta nos cinco horários avaliados, onde as maiores médias correspondem ao lado leste às 8h, 10h e no lado oeste às 14h e 16h. Comparando os cinco horários em relação ao lado leste da planta, a maior média significativa foi observada para às 10h e para o lado oeste às 16h.

Houve interação para a variável temperatura foliar na data 18/06, com diferença significativa nos dois lados da planta nos cinco horários avaliados, onde as maiores médias correspondem ao lado leste às 8h e 10h e no lado oeste às 12h, 14h e 16h. Comparando os cinco horários em relação ao lado leste da planta, a

maior média significativa foi observada às 10h, 12h e 14h e para o lado oeste às 14h.

Para a data 20/09, foi observada diferença significativa para a temperatura foliar apenas para os três primeiros horários, onde às 08h e 10h as maiores médias significativas correspondem ao lado leste da planta e às 12h corresponde ao lado oeste. Comparando os cinco horários em relação ao lado leste da planta, a maior média significativa foi observada às 10h e para o lado oeste às 10h e 12h. Possivelmente esse comportamento é atribuído ao aparecimento de nuvens que contribuíram para temperaturas mais amenas nos dois lados da planta.

Os valores encontrados para temperatura foliar seguem uma tendência do comportamento da temperatura do ar demonstrado anteriormente. O período da manhã teve as menores médias para o lado leste da planta e as maiores para o lado oeste no período da tarde, atingindo uma diferença média de até 12°C entre os dois lados às 14 e 16 horas.

Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para as variáveis comprimento dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos, número de nós por ramo plagiotrópico e estiolamento dos ramos plagiotrópicos (Figura 6).

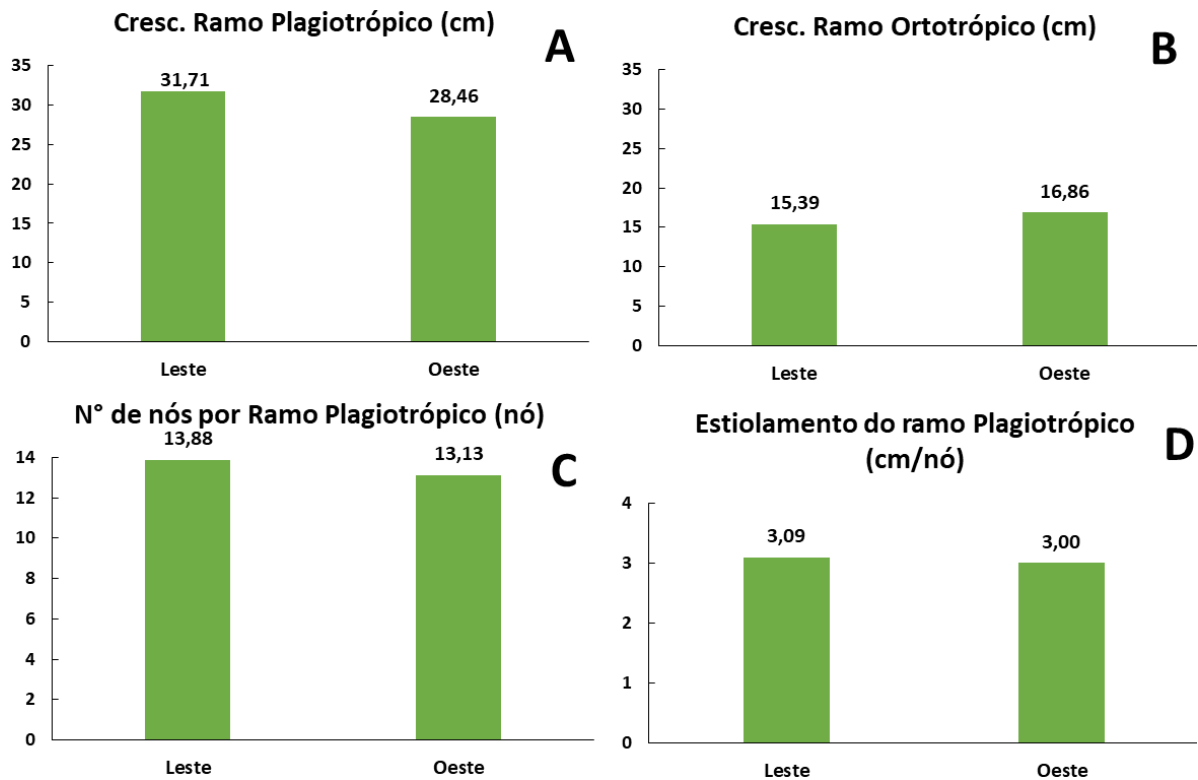


FIGURA 6: Crescimento do Ramo Plagiotrópico (A), Crescimento do Ramos Ortotrópico (B), Número de Nós por ramo Plagiotrópico (C) e Estiolamento do Ramo Plagiotrópico (D) em um cafeeiro conilon cultivado no alinhamento norte-sul em Boa Esperança, ES. CV (%): A: 14,03%, B: 20,07%, C: 8,79% e D: 10,34%.

Dentre os macro nutrientes analisados, a concentração foliar do Ca e Mg, não teve interação significativa nas quatro datas avaliadas e nos dois lados da planta (leste e oeste). O mesmo ocorreu para o B e Zn, que caracterizam os micronutrientes (Tabela 2). O nutriente S não diferiu entre si nos dois lados da planta, porém foi diferente estatisticamente nas quatro datas avaliadas, apenas no lado leste.

TABELA 2: Médias das concentrações foliares dos micronutrientes (mg/kg) N, P, K, Ca, Mg e S e macronutrientes (g/kg) B, Cu, Zn, Fe e Mn nas quatro datas avaliadas (parcelas) e nos dois lados da planta (subparcelas) em uma lavoura de café conilon cultivada no alinhamento norte-sul em Boa Esperança, ES.

DATAS	N		P		K		Ca	
	Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste
15/12	31,11Aab	31,11Aa	1,10Aa	1,11Ab	14,69Bab	16,56Aa	13,36Aa	14,18Aa
05/03	33,54Aa	33,21Aa	1,14Aa	1,15Ab	14,37Bb	16,09Aa	13,49Aa	13,32Aa
18/06	28,12Bb	33,68Aa	1,11Ba	1,31Aa	16,09Aa	15,78Aa	13,48Aa	14,97Aa
20/09	32,91Aab	33,00Aa	1,15Ba	1,25Aa	15,16Aab	16,41Aa	13,68Aa	15,39Aa
<b>CV Parcela</b>	10,55%		3,65%		6,60%		12,76%	
<b>CV Subpar.</b>	7,19%		2,45%		4,73%		11,93%	
	Mg		S		B		Cu	
	Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste
15/12	3,75Aa	3,59Aa	1,72Ab	1,94Aa	57,00Aa	62,50Aa	20,50Bb	22,25Aa
05/03	3,72Aa	3,89Aa	2,35Aa	2,16Aa	68,00Aa	65,00Aa	23,75Aa	23,50Aa
18/06	3,51Aa	3,92Aa	1,78Aab	2,14Aa	63,00Aa	66,00Aa	20,25Bb	24,25Aa
20/09	3,37Aa	3,55Aa	1,93Aab	2,11Aa	65,50Aa	62,00Aa	22,25Aab	19,50Bb
<b>CV Parcela</b>	5,27%		19,78%		8,77%		4,46%	
<b>CV Subpar.</b>	7,21%		13,69%		8,29%		5,73%	
	Zn		Fe		Mn			
	Leste	Oeste	Leste	Oeste	Leste	Oeste		
15/12	12,25Aa	11,75Aa	98,50Aa	88,75Ab	112,00Aa	107,75Ab		
05/03	12,50Aa	14,50Aa	107,50Aa	115,75Aa	110,00Aa	108,00Ab		
18/06	14,25Aa	12,75Aa	94,50Ba	123,75Aa	111,50Aa	110,00Aab		
20/09	11,75Aa	11,50Aa	107,50Aa	103,25Aab	104,75Ba	120,00Aa		
<b>CV Parcela</b>	14,84%		14,33%		6,06%			
<b>CV Subpar.</b>	19,13%		9,93%		4,88%			

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL, minúsculas na VERTICAL, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se que na data 15/12, apenas o K e Cu foram diferentes estatisticamente nos dois lados da planta, ambos com maiores valores no lado da planta voltado para o oeste. Para a data 05/03, nenhum nutriente foi diferente estatisticamente entre os lados leste e oeste da planta. No dia 18/06, o N, P, Cu e Fe, foram diferentes e maiores no lado Sul da planta. Na data 20/09, o N, P, Cu e Fe foram diferentes entre os dois lados, onde a concentração foliar do P foi maior no lado Sul e para o N, Cu e Fe maior no lado Norte.

Para os nutrientes que tiveram diferença significativa entre os dois lados, as maiores médias foram observadas no lado oeste da planta, com exceção do Cu, que teve média maior no lado leste no dia 20/09. O lado oeste da planta é a face que

recebe diretamente a radiação proveniente do sol da tarde, por isso intercepta as maiores intensidades de radiação solar e conseqüentemente possui as maiores médias de temperatura do ar e foliar e de déficit de pressão de vapor.

#### 1.1.4 CONCLUSÕES

1. O lado oeste da planta apresentou maiores valores de irradiância, temperatura e déficit de pressão de vapor no período da tarde, chegando a atingir uma diferença de temperatura do ar de 5°C entre os dois lados.
2. A temperatura foliar teve comportamento similar a temperatura do ar, atingindo uma diferença de aproximadamente 12°C entre os dois lado no período da tarde, com maior estresse no lado oeste da planta.
3. Não houve diferença significativa entre os dois lados para os fatores que caracterizam o crescimento da planta.

#### 1.1.5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsa e a Universidade Federal do Espírito Santo. Aos produtores rurais José Paulo Ferrari e Jocemar da Silva Campos que cederam a área experimental.

#### 1.1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELOCCI, L.R.; MARIN, F.R.; PILAU, F.G.; RIGHI, E.Z.; FAVARIN, J.L. Radiation balance of coffee hedgerows. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.3, p.274-281, 2008.

ALVARENGA, C.B.; TEIXEIRA, M.M.; ZOLNIER, S.; CECON, P.R.; SIQUEIRA, D. L.; RODRIGUES, D. E.; SASAKI, R.S.; RINALDI, P.C.N. Efeito do déficit de pressão de vapor d'água no ar na Pulverização hidropneumática em alvos artificiais. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 182-193, 2014.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: Café**. Brasília: CONAB, v.4, n.4, 2017. 84p. Disponível em:

<[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18\\_01\\_08\\_09\\_06\\_29\\_cafe\\_d\\_ezembro.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_01_08_09_06_29_cafe_d_ezembro.pdf)> Acesso em: 22 jan. 2018.

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

CRAPARO, A.C.W.; STEPPE, K.; VAN ASTEN, P.J.A.; LÄDERACH, P.; JASSOGNE, L. T. P.; GRAB, S. W. Application of thermography for monitoring stomatal conductance of *Coffea arabica* under different shading systems. **Science of the Total Environment**, v. 609, p. 755-763, 2017.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.35, p.271-276, 2013.

DAMATTA, F.M., & RAMALHO, J.D.C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, n.1, p.55-81, 2006.

DAMATTA, F.M., CAVATTE, P.C.; MARTINS, S. C. V. Coffee physiology: growth, yield and quality. In OBERTHUR, T., LADERACH, P., JURGEN POHLAN, H. A.; COCK, J. H. (eds). **Specialty Coffee: Managing Quality**, International Plant Nutrition Institute, Norcross, 2012, p. 75–91.

FERREIRA, W.P.M.; RIBEIRO, M.F.; FERNANDES FILHO, E.I.; SOUZA, C.F.; CASTRO, C.C.R. **As características térmicas das faces noruega e soalheira como fatores determinantes do clima para a cafeicultura de montanha**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2012. 38p.

GUNTER, M.J.; MURPHY, N.; CROSS, A.J.; DOSSUS, L.; DARTOIS, L.; FAGHERAZZI, G.; KAKS, R.; KÜHN, T.; BOEING, H.; ALEKSANDROVA, K.; TJØNNELAND, A.; OLSEN, A.; OVERVAD, K.; LARSEN, S.C.; REDONDO CORNEJO, M.L.; AGUDO, A.; SÁNCHEZ PÉREZ, M.J.; ALTZIBAR, J.M.; NAVARRO, C.; ARDANAZ, E.; KHAW, K.T.; BUTTERWORTH, A.; BRADBURY, K.E.; TRICHOPOULOU, A.; LAGIOU, P.; TRICHOPOULOS, D.; PALLI, D.; GRIONI, S.; VINEIS, P.; PANICO, S.; TUMINO, R.; BUENO-DE-MESQUITA, B.; SIERSEMA, P.; LEENDERS, M.; BEULENS, J.W.J.; UITERWAAL, C.U.; WALLSTRÖM, P.; NILSSON, L.M.; LANDBERG, R.; WEIDERPASS, E.; SKEIE, G.; BRAATEN, T.; BRENNAN, P.; LICAJ, I.; MULLER, D.C.; SINHA, R.; WAREHAM, N.; RIBOLI, E. Coffee drinking and mortality in 10 European Countries: A multinational cohort study. **Annals of Internal Medicine**, v.167, n.4, p.236-247, 2017.

ICO. International Coffee Organization. **Dados históricos**. Disponível em: <<http://www.ico.org/prices/po-production.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2018.

MINGUELA, J.V.; CUNHA, J.P.A.R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa: Aprenda fácil, 2010, 588p.

OLIVEIRA, K.M.G.; CARVALHO, L.G.; LIMA, L.A.; GOMES, R.C.C. Modelagem para a estimativa da orientação de linhas de plantio de cafeeiros. **Engenharia Agrícola**, v.32, n.2, p.293-305, 2012.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; SILVA, M.G.; RAMALHO, J.C. Seasonal vegetative growth of different age branches of conilon coffee tree. *Semina: Ciências Agrárias*, v.31, p.619-626, 2010.

PARTELLI, F.L.; MARRÉ, W.B.; FALQUETO, A.R.; VIEIRA, H.D.; CAVATTI, P.C. Seasonal vegetative growth in genotypes of *Coffea canephora*, as related to climatic factors. **Journal of Agricultural Science**, v.5, p.108-116, 2013.

PARTELLI, F.L.; ARAÚJO, A.V.; VIEIRA, H.D.; DIAS, J.R.M.; MENEZES, L.F.T.; RAMALHO, J.C. Microclimate and development of 'Conilon' coffee intercropped with rubber trees. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.11, p.872-881, 2014.

RAETANO, C.G. Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. (Org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2011. 279p.

RAMALHO, J.C.; CAMPOS, P.S.; TEIXEIRA, M.; NUNES, M.A. Nitrogen dependent changes in antioxidant systems and in fatty acid composition of chloroplast membranes from *Coffea arabica* L. plants submitted to high irradiance. **Plant Science**, v. 135, n. 2, p. 115-124, 1998.

RODRIGUES, W.P.; MARTINS, L.D.; PARTELLI, F.L.; LIDON, F.C.; LEITAO, A.E.; RIBEIRO-BARROS, A.I.; DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.C. Interação de altas temperaturas e déficit hídrico no cultivo de café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner). In: PARTELLI, L. F; BONOMO, R. (Org.). **O Clima e o Manejo da Planta**. 1ed.Alegre: UFES, 2016, v. 1, p. 39-56.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A.L.T.; FERNANDES, D.R. **Irrigação na cultura do café**. Campinas, 1.ed, 1996. 146p.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p.

TETENS, V.O. Über einige meteorologische Begriffe. **Zeitschrift Geophysic**, v. 6, p. 297-309, 1930.

## 1.2 CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA DO CAFEIEIRO CONILON CULTIVADO NO ALINHAMENTO LESTE-OESTE

**RESUMO.** O café é uma das bebidas mais populares do mundo. A produção e comercialização do grão representa uma atividade econômica significativa para diversos países, inclusive o Brasil, maior produtor mundial de café e o segundo maior consumidor. No entanto, a produção cafeeira tem enfrentado desafios crescentes referentes às mudanças climáticas atuais. Objetivou-se neste capítulo avaliar a influência do alinhamento de plantio leste-oeste quanto os aspectos microclimáticos e crescimento da planta a fim de quantificar as variáveis e apontar seus possíveis efeitos sobre o cafeeiro. A coleta de dados foi realizada em uma lavoura de café conilon a pleno sol com 2 anos e 6 meses de idade no início do experimento, com espaçamento de 3,0m x 1,0m, com uma altura aproximadamente de 1,6 m. O experimento foi realizado em quatro datas no período de dezembro de 2016 a setembro de 2017. Foram quantificadas as variáveis irradiância, temperatura do ar e déficit de pressão de vapor por meio de registradores de dados externos. Foi determinado a temperatura foliar através de imagens térmicas e foi avaliado o crescimento da planta e concentração foliar nos dois lados da planta. O lado norte da planta apresentou maiores valores de irradiância, temperatura e déficit de pressão de vapor, chegando a atingir uma diferença de 4°C entre os dois lados. A temperatura foliar atingiu uma diferença de aproximadamente 11°C entre os dois lados ao meio dia. Não houve diferença significativa entre os dois lados para os fatores avaliados que caracterizam o crescimento da planta.

**Palavras-chave:** *Coffea canephora*, irradiância, temperatura, norte, sul.

**ABSTRACT.** Coffee is one of the most popular drinks in the world. The production and commercialization of the grain represents a significant economic activity for several countries, including Brazil, the world's largest coffee producer and the second largest consumer. However, coffee production has faced increasing challenges regarding current climate change. The objective of this chapter was to evaluate the influence of the alignment of east-west plantation on the microclimatic aspects and growth of the plant in order to quantify the variables and to point out their possible effects on coffee crop. Data collection was carried out in a full-fledged conilon coffee



crop (*Coffea canephora*) at 2 years and 6 months of age at the beginning of the experiment, with a spacing of 3,0m x 1,0m, with a height of approximately 1,6 m. The experiment was carried out in four dates from December 2016 to September 2017. The variables irradiance, air temperature and vapor pressure deficit were quantified by means of external data loggers. The leaf temperature was determined through thermal imaging and the plant growth and foliar concentration on both sides of the plant were evaluated. The north side of the plant presented higher values of irradiance, temperature and vapor pressure deficit, reaching a difference of 4°C between the two sides. The leaf temperature reached a difference of approximately 11°C between the two sides at noon. There was no significant difference between the two sides for the evaluated factors that characterize the plant growth.

**Key words:** *Coffea canephora*, irradiance, temperature, north, south.

### 1.2.1 INTRODUÇÃO

O café é uma das bebidas mais populares do mundo. A produção e comercialização do grão representa uma atividade econômica significativa para diversos países, inclusive o Brasil, maior produtor mundial de café e o segundo maior consumidor (ICO, 2018).

A produção de café no mundo em 2017 ultrapassou 158 milhões de sacas onde aproximadamente 62% correspondeu a produção de café Arábica (*Coffea arabica*) e 38% ao café Robusta/Conilon (*Coffea canephora*) (ICO, 2018). No Brasil, a produção em 2017 foi de 44,97 milhões de sacas beneficiadas, onde a produção do conilon representou 24% da produção total, mantendo assim sua posição como segundo maior produtor mundial de conilon (CONAB, 2017).

A produção cafeeira tem enfrentado desafios crescentes referentes às mudanças climáticas atuais. (DAMATTA et al., 2012). Segundo Rodrigues et al. (2016), a pesquisa científica tem se dedicado a compreender essas alterações climáticas e suas consequências como temperatura do ar mais elevadas, modificação da sazonalidade pluviométrica e o aumento do déficit hídrico prolongado.

A radiação solar é o principal elemento climático responsável por influenciar as demais variáveis meteorológicas. A intensidade da radiação que atinge a superfície terrestre é caracterizada pelo movimento de translação da Terra em torno do Sol ao longo do ano e pela inclinação no seu eixo imaginário de rotação em relação ao plano da órbita terrestre (FERREIRA et al., 2012). Sabe-se que altas temperaturas combinadas com elevados valores de irradiação podem danificar as folhas, por dificultar diversos processos metabólicos foliares e aumentar o rendimento de moléculas altamente reativas de clorofila e oxigênio (RAMALHO et al., 1998; DAMATTA & RAMALHO, 2006).

O café conilon cultivado a temperaturas médias das mínimas inferiores a 17°C ou média das máximas superiores a 31°C, promove uma diminuição na taxa de crescimento, prejudicando diretamente a produção. (PARTELLI et al., 2013). A cultura do café é exposta a grandes temperaturas extrapolando muitas vezes os 38°C no verão, fase de enchimento dos grãos (PARTELLI et al., 2010, 2013, 2014). DaMatta & Ramalho (2006) relatam que os extremos de temperatura e a insuficiência da água afetam não só o crescimento, mas também o desenvolvimento e produtividade dessa cultura. Essas condições microclimáticas, conciliadas com ventos fortes e altas taxas de evapotranspiração, causam estresse ambiental para a cultura, exigindo diferentes técnicas para mitigar esses problemas (PARTELLI et al., 2013).

Nas regiões de encosta, os elementos climáticos que caracterizam o microclima são influenciados pelo movimento de rotação da Terra, pela sazonalidade e pela orientação da face de exposição da encosta. (FERREIRA et al., 2012). Em regiões planas, os elementos climáticos também são definidos por essas características, neste caso, a orientação na qual a lavoura está inserida é um dos fatores que pode influenciar no microclima local. Portanto, entender o sistema que constitui o microambiente é essencial para criar estratégias de adaptação aos efeitos das alterações climáticas (CRAPRARO et al., 2017).

Diante do exposto, diversas variáveis podem alterar as condições climáticas e a resposta de uma lavoura de café em virtude do lado de exposição ao sol. Dessa maneira, a compreensão e combinação dessas variáveis podem colaborar para um manejo mais sustentável do cafeeiro. Objetivou-se neste capítulo avaliar a influência do alinhamento de plantio leste-oeste quanto os aspectos microclimáticos e

crescimento da planta a fim de quantificar as variáveis e apontar seus possíveis efeitos sobre a lavoura de café.

### 1.2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma propriedade rural situada na região norte do Espírito Santo, no município de Boa Esperança. As coordenadas geográficas de localização da área de estudo são 18°31'06.01" de latitude sul e 40°20'36.17" de longitude oeste com altitude de 146,34 m acima do nível do mar e relevo plano. Segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013), o clima do município é classificado como Aw – tropical úmido, com inverno seco e verão quente e úmido. O experimento sucedeu no período de dezembro de 2016 a setembro de 2017.

A coleta de dados foi realizada em uma lavoura de café conilon (*Coffea canephora*) a pleno sol com 2 anos e 6 meses de idade no início do experimento, com espaçamento de 3,0m x 1,0m, com uma altura aproximadamente de 1,6 m, mantida sob irrigação por aspersão convencional e orientada no alinhamento leste-oeste.

Determinou-se quatro alinhamentos para a lavoura de café de acordo com quatro datas ao longo do ano: 1º) 15/12/2016, 2º) 05/03/2017, 3º) 18/06/2017 e 4º) 20/09/2017. Os quatro alinhamentos foram calculados por meio da determinação da posição do sol em certo instante, num dado local e data, através do ângulo zenital.

Foi estabelecido o horário das 9 h para efeito de cálculo, isso porque para uma dada latitude e data, o posicionamento do sol neste horário formará um ângulo horário de 45° com um ponto referencial da Terra, momento em que há um deslocamento máximo angular que o Sol pode ter para ter maior disponibilidade de radiação solar naquele ponto (CUNHA et al., 2011).

Os quatro alinhamentos foram determinados a partir do cálculo do azimute do sol, baseado no ângulo no plano horizontal entre a projeção do raio do Sol e o ponto cardinal N-S com base no ângulo zenital, já que é este o responsável por definir a posição do sol em relação ao plano vertical local. Assim, apresenta-se o azimute que caracteriza cada alinhamento para as datas estabelecidas, os horários de sol nascente e poente, o ângulo horário, declinação do Sol e o ângulo zenital (Tabela 1).

TABELA 1: Horários de sol nascente e poente, ângulo horário, declinação do sol, ângulo zenital e azimute solar para a lavoura de café conilon cultivada no alinhamento leste-oeste em Boa Esperança, ES.

Data	Horário do Sol (h)		Ângulo Horário	Declinação do Sol	Ângulo Zenital	Azimute
	Nascente	Poente	(h)	(d)	(Z)	(a)
15/12/2016	05:59	19:14	45°	23,37° S	42,14°	75,33° - 255,33°
05/03/2017	05:41	18:04	45°	6,76° S	45,31°	99,02° - 279,02°
18/06/2017	06:12	17:13	45°	23,41° N	60,72°	48,07° - 228,07°
20/09/2017	05:32	17:37	45°	0,20° S	47,81°	107,38° - 287,38°

Fonte: Elaborado pela autora.

Os dados climáticos foram obtidos através da medição das variáveis irradiância ( $\text{lum}/\text{ft}^2$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e umidade relativa (%) adquiridas por meio de registradores de dados externos (HOBO U12 Temp/RH/Light/External Data Logger), implantados a 1,20 m de altura acima das linhas das plantas e em duas posições diferentes por planta: lado norte e lado sul. O aparelho foi programado para registrar os dados a cada 10 minutos, entre 6:00h e 19:00h.

Determinou-se o déficit de pressão de vapor (DPV) a partir dos dados da umidade relativa e temperatura do ar obtidos nas avaliações microclimáticas, de acordo com o modelo proposto por Tetens (1930).

Para determinar a temperatura foliar, foram obtidas imagens térmicas utilizando uma câmera infravermelha Flir T440 com uma resolução térmica de 76800 pixels e uma sensibilidade térmica de  $0,035^{\circ}\text{C}$ . Folhas mais jovens totalmente expandidas foram selecionadas aleatoriamente terço superior da planta a fim de quantificar sua temperatura pontual no lado da planta voltado para o norte e o sul da lavoura. O delineamento experimental adotado foi em parcelas subdivididas, onde as parcelas foram compostas pelos cinco horários das avaliações: 8h (T1), 10h (T2), 12h (T3), 14h (T4) e 16h (T5) e as sub parcelas constituíram-se dos dois lados da planta (norte e sul). A parcela experimental foi composta por 8 plantas (repetições), onde foram realizadas avaliações de crescimento, estiolamento, número de nós por ramo e avaliações microclimáticas.

Avaliou-se o crescimento da planta a partir de medições realizadas nos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos que continham de dois a três nós. As medições foram efetuadas nos dois lados da planta, com o auxílio de uma régua graduada, no mesmo dia da primeira e da última avaliação climática. O número de nós dos ramos

plagiotrópicos foi identificado em cada lado da planta na última data do experimento. O delineamento experimental utilizado nessas avaliações foi inteiramente casualizado.

Foram coletadas a terceira e quarta folha a partir do ápice dos ramos, quatro folhas em cada lado da planta, em quatro repetições para análise da concentração foliar. As folhas foram armazenadas em embalagens de papel nomeados e enviados ao laboratório de Análise de Tecido Vegetal para análise dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Zn, Fe e Mn de acordo com Silva (2009). O delineamento experimental empregado foi em parcelas sub divididas, onde as parcelas corresponderam às quatro datas avaliadas e as sub parcelas aos dois lados da planta (norte e sul).

Os dados experimentais de temperatura foliar, crescimento, estiolamento e concentração foliar foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Genes (CRUZ, 2013).

### **1.2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nos dias 15/12, 05/03 e 20/09 não houve diferença expressiva nos valores de irradiância média entre os dois lados da planta. Isto pode ser explicado pelo fato de que o azimute que representa cada alinhamento para essas datas (75°-255°, 99°-279°, 107°-287°, respectivamente) é próximo ao alinhamento referente ao movimento aparente diário do sol, ou seja, nesses dias o sol está mais a pino, assim a radiação é distribuída quase que igualmente nos dois lados no período da tarde e da manhã (Figura 1). Cunha & Volpe (2010), estudando a influência de três alinhamentos de plantio no terço superior da copa do cafeeiro variedade Obatã IAC 1669-20 identificaram que o alinhamento próximo ao movimento aparente diário do sol (81°-261°) proporcionou maior eficiência na interceptação da radiação fotossinteticamente ativa.

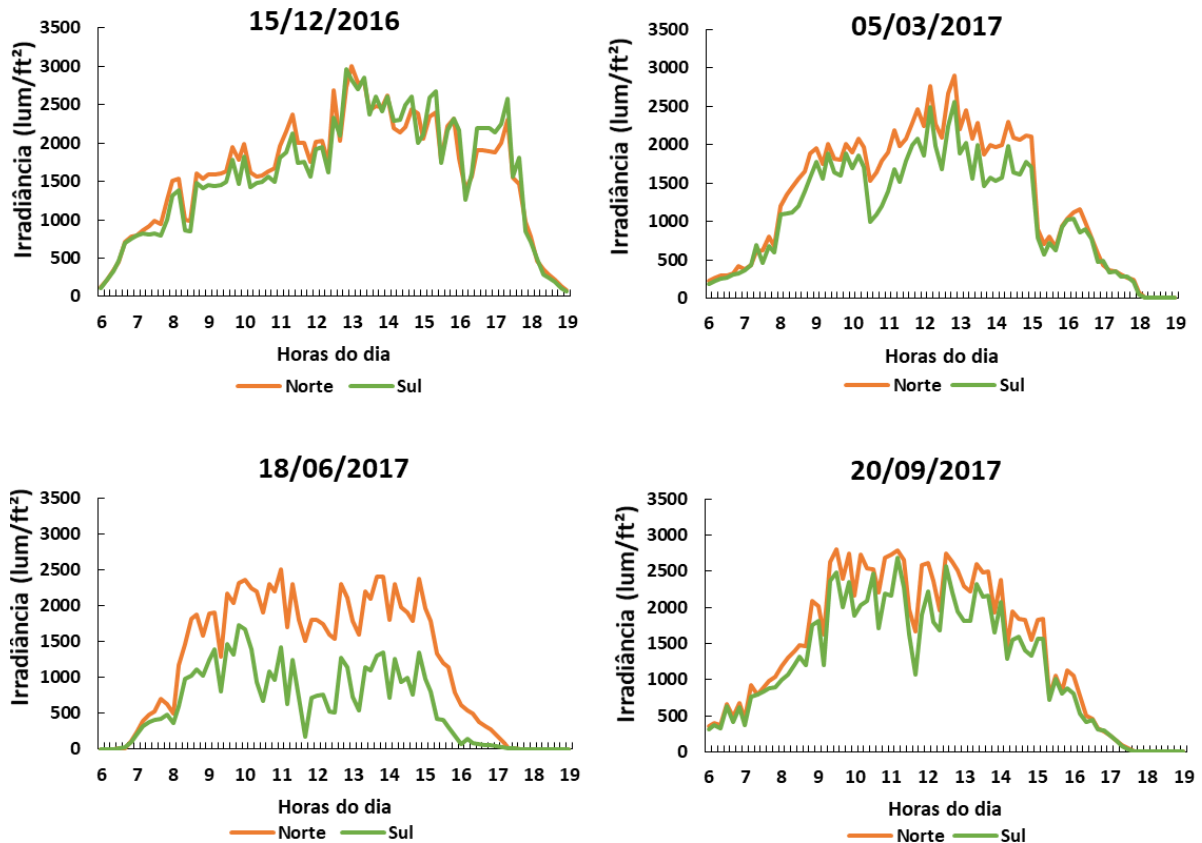


FIGURA 1: Irradiância média diária referente a quatro datas (15/12/2016, 05/03/2017, 18/06/2017 e 20/09/2017) em um cafeeiro conilon cultivado no alinhamento leste-oeste em Boa Esperança, ES.

No entanto, no dia 18/06 o lado norte da planta apresentou maiores valores de irradiância durante todo o dia. Este resultado pode ser atribuído devidamente ao fato de que o azimute que representa o alinhamento desta data ( $48^{\circ}$ - $228^{\circ}$ ) está mais distante do alinhamento do movimento aparente diário do sol, assim, a trajetória que o sol percorre nesta data está mais próxima do norte, por isso maiores valores de irradiância foram observados no lado norte da planta.

Foi observado valores de irradiância menores no dia 18/06 em comparação com as demais datas. Isso acontece porque nessa data o sol está mais distante do zênite portanto o ângulo zenital é maior e os raios solares incidem com mais obliquidade e menos intensidade sob a superfície terrestre.

Valores similares de temperatura média nos dois lados da planta foram encontrados nos dias 15/12, 05/03 e 20/09 no período da tarde e da manhã (Figura 2). Nesses dias a trajetória que o sol percorre desde o nascer até o fim do dia é muito próxima ao alinhamento da lavoura orientada no sentido leste-oeste. No dia

18/06 o sol não está a pino porque sua trajetória diária acontece muito mais próximo do norte. Por isso, foram observados maiores valores médios de temperatura neste lado da planta.

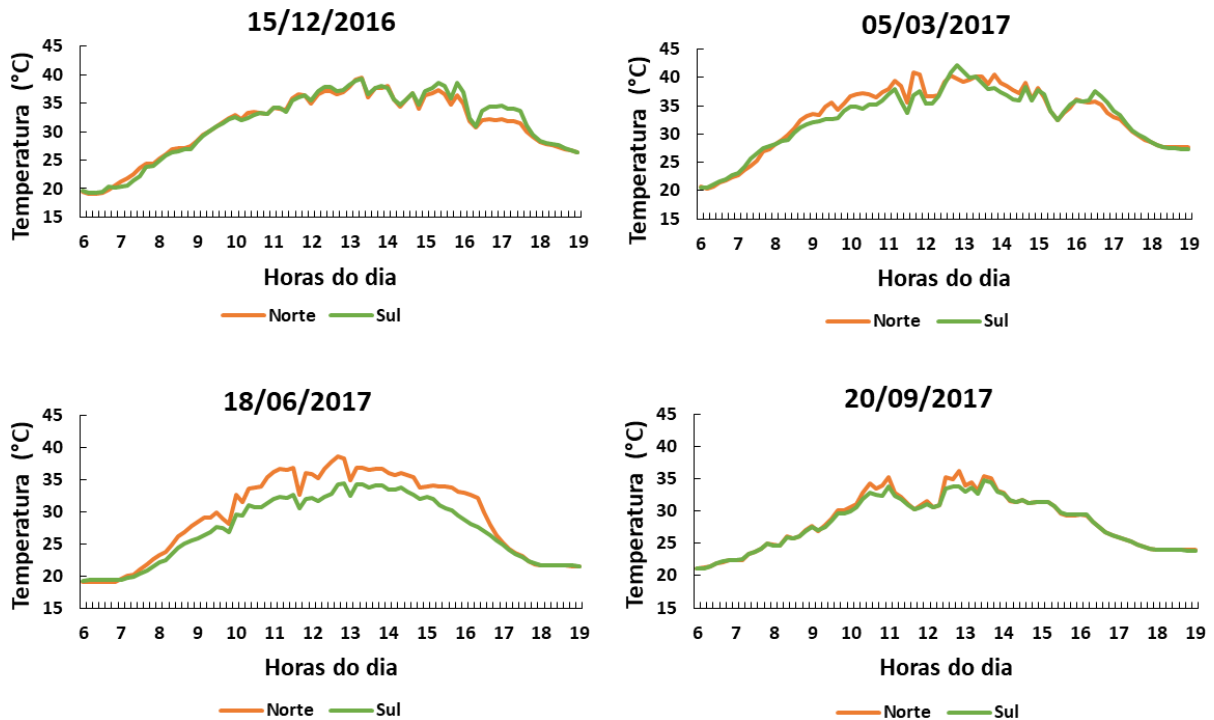


FIGURA 2: Temperatura média diária referente a quatro datas (15/12/2016, 05/03/2017, 18/06/2017 e 20/09/2017) em um cafeeiro conilon cultivado no alinhamento leste-oeste em Boa Esperança, ES.

Foi observado uma diferença expressiva de temperatura média entre os dois lados na data 18/06 de até 4°C aproximadamente às 13 horas. Além disso, os valores de temperaturas são numericamente menores pela manhã quando comparados com o período da tarde, já que há um calor acumulado resultado do aquecimento da superfície pelo sol. Temperatura elevada pode comprometer o enchimento dos grãos e antecipar o desenvolvimento do fruto, o que resultará em um amadurecimento prematuro com frutos frágeis e por consequência, afetará a qualidade da bebida (DAMATTA et al., 2012).

Em virtude desses resultados, vale ressaltar que o maior estresse dessas plantas acontece no lado norte em uma data das quatro datas estudadas (18/06). Em muitas situações, as altas temperaturas acompanhadas pela insuficiência de água, e os efeitos negativos desses estresses são potencializados por um elevado nível de irradiação (DAMATTA et. al, 2003).

O déficit de pressão de vapor considera os fatores umidade relativa do ar e da temperatura para ser calculado. Foi observado que os valores do DPV se comportaram de forma inversamente proporcional a umidade relativa do ar e diretamente proporcional a temperatura. Por este motivo, os gráficos de DPV possuem comportamento semelhante ao da temperatura no período da manhã e da tarde nas quatro datas avaliadas neste trabalho (Figura 3).

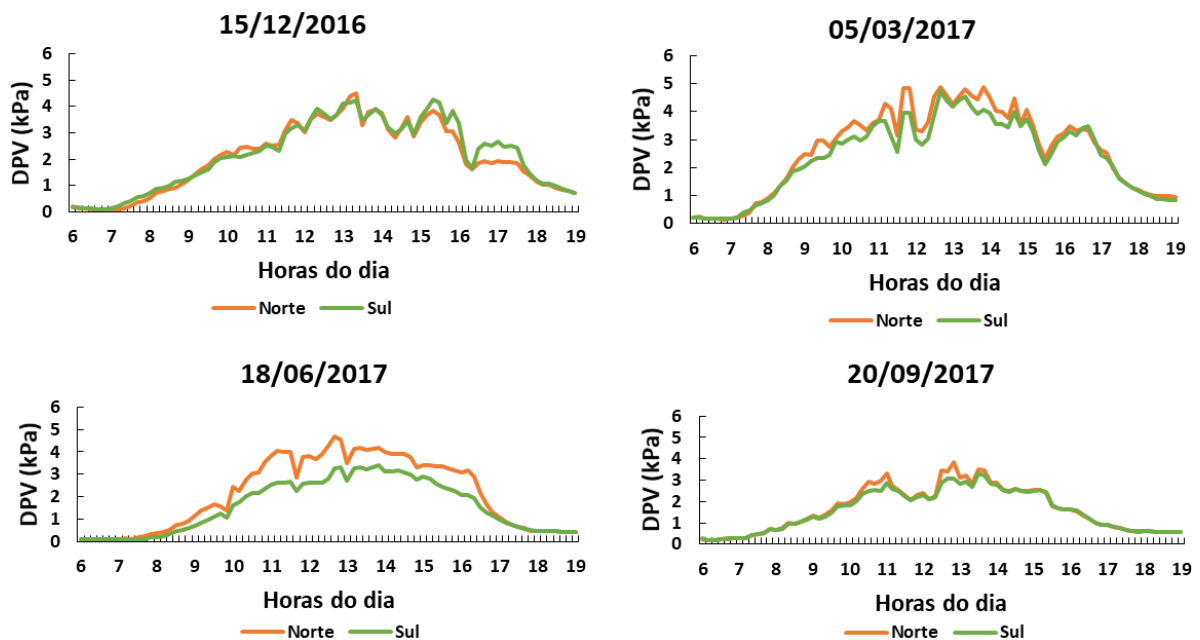


FIGURA 3: Déficit de Pressão de Vapor diário referente a quatro datas (15/12/2016, 05/03/2017, 18/06/2017 e 20/09/2017) em um cafeeiro conilon cultivado no alinhamento leste-oeste em Boa Esperança, ES.

Os valores de déficit de pressão de vapor d'água no ar é uma das exigências psicrométricas a serem avaliadas antes de realizar uma pulverização. Os parâmetros meteorológicos considerados favoráveis são caracterizados por temperaturas entre 15°C e 30°C, umidade relativa do ar maior que 55% e velocidade do vento alternando entre 2 a 10 km/h. (RAETANO, 2011; MINGUELA et al., 2010; ALVARENGA et al., 2014). Considerando esses parâmetros para o cálculo do DPV, tem-se o intervalo de  $0,76 < DPV > 1,90$  que caracteriza as melhores condições para realização da pulverização.

Alvarenga et al. (2014) ao avaliar três valores de DPV (0,76, 1,76 e 2,63 kPa), concluíram que a medida que aumenta o DPV, a densidade de gotas, amplitude relativa e o tamanho das gotas são afetadas, prejudicando assim a pulverização.



Neste trabalho, foram encontrados valores próximos a 5 kPa no lado norte da planta nos dias 18/06 e 05/03 no período da tarde, momento em que ocorre maior evaporação e conseqüentemente maior perda do produto fitossanitário, sugerindo assim menos eficiência em aplicações foliares nesse período.

Foi observada interação para a variável temperatura foliar na data 15/12, com diferença significativa nos dois lados da planta às 8h e 14h com maiores médias no lado sul (Figura 4). Comparando os cinco horários em relação ao lado norte da planta, as maiores médias significativas foram observadas às 12h e 14h e para o lado sul às 14h. Isso pode ser explicado pelo fato desses horários corresponderem com a incidência da radiação solar direta nos lados da planta que obtiveram os maiores valores.

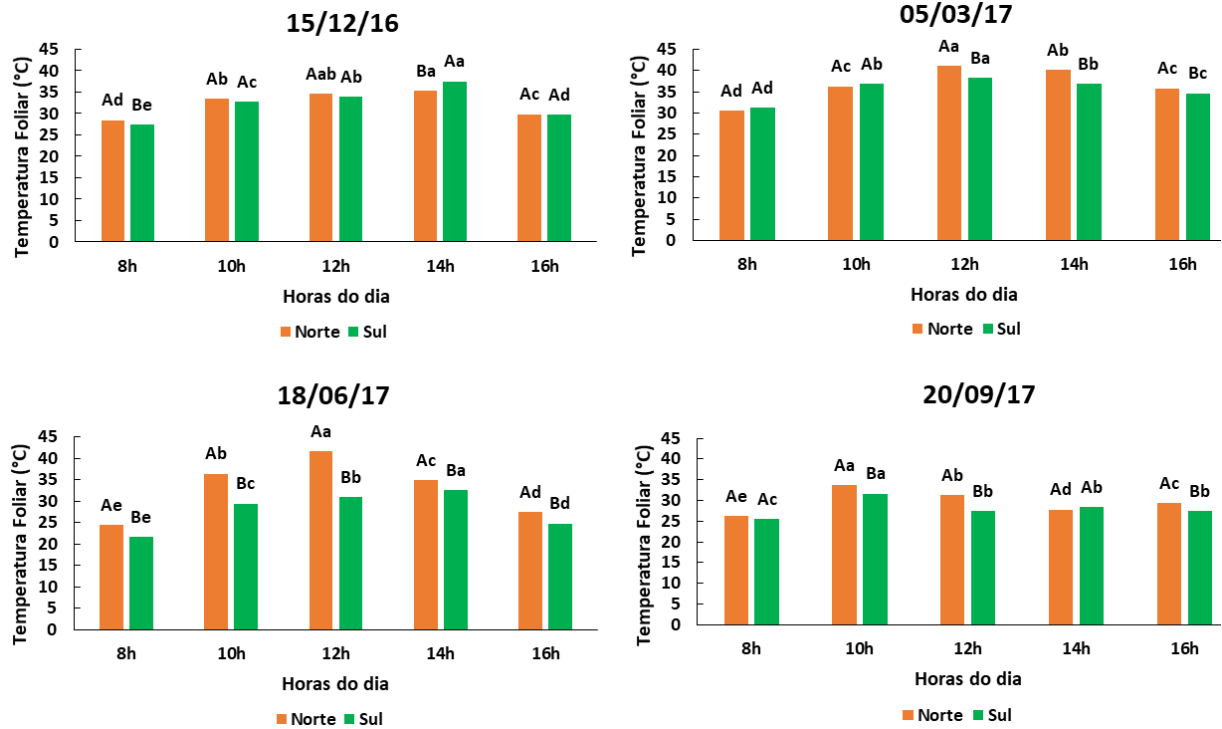


FIGURA 4: Média da temperatura foliar nas cinco horas do dia (parcelas) nos dois lados da planta (subparcelas) ao longo do ano de uma lavoura de café conilon cultivada no alinhamento leste-oeste em Boa Esperança, ES. CV (%): Parcela 15/12= 2,63%; Subparcela 15/12= 2,33%; Parcela 05/03= 2,38%; Subparcela 05/03= 1,91%; Parcela 18/06= 2,62%; Subparcela 18/06= 1,93%; Parcela 20/09= 2,63%; Subparcela 20/09= 2,40%. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas representando os dois lados da planta, minúsculas representando os cinco horários, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No dia 05/03, as médias diferiram entre os dois lados às 12h, 14h e 16h com maiores valores no lado norte. Comparando os cinco horários em relação ao lado da planta, a maior média significativa foi observada às 12h no lado norte e sul.

Observa-se que no dia 18/06, houve diferença estatística nos dois lados da planta nos cinco horários avaliados, onde as maiores médias correspondem ao lado norte em todos os horários. Em relação ao lado norte da planta, a maior média significativa foi observada às 12h e às 14h no lado sul. A figura 5 ilustra essa diferença entre os cinco horários para a data 18/06.

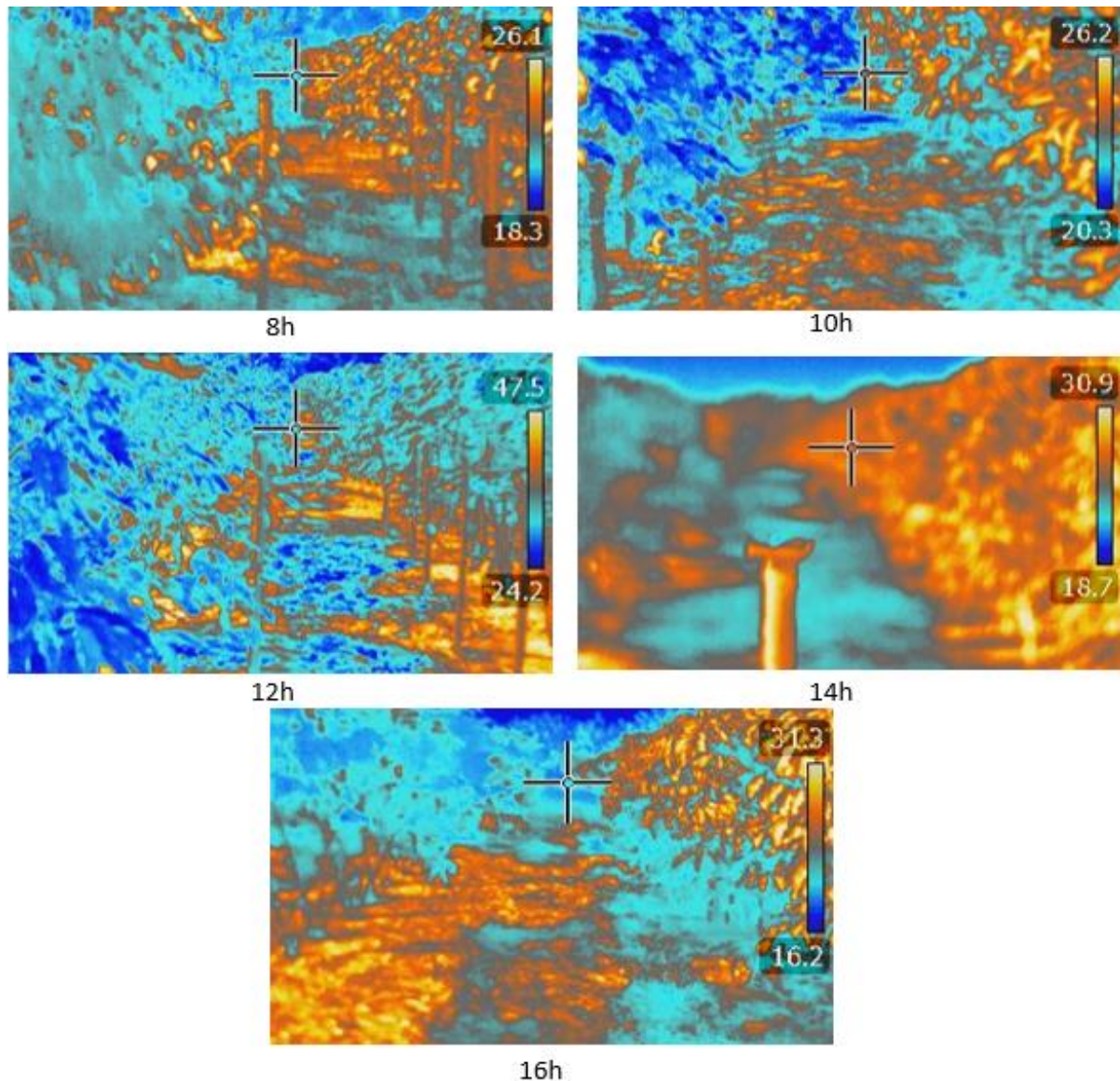


FIGURA 5: Imagem térmica da lavoura de café conilon ilustrando o lado norte (direita) e sul (esquerda) da planta nos cinco horários para a data 18/06 em um lavoura de café conilon cultivada no alinhamento leste-oeste em Boa Esperança, ES.

Para a data 20/09, não foi observada diferença significativa para a temperatura foliar às 8h e 14h. As médias dos demais horários foram maiores no lado norte da planta. Comparando os cinco horários, a maior média significativa foi observada às 10h no lado norte e sul.

Os valores encontrados para temperatura foliar tendem a acompanhar os valores da temperatura do ar demonstrado anteriormente. Lima et al. (2014), ao avaliarem os efeitos do manejo hídrico em mudas de ipê-roxo por meio da termometria foliar, identificaram que o aumento da temperatura do ar e por

consequência do déficit de pressão de vapor, proporcionaram o aquecimento foliar. As diferenças das médias mais expressivas foram encontradas no lado norte em relação ao lado sul, atingindo uma diferença média de aproximadamente 11°C entre os dois lados às 12 horas no dia 18/06.

Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para as variáveis comprimento dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos, número de nós por ramo plagiotrópico e estiolamento dos ramos plagiotrópicos (Figura 6).

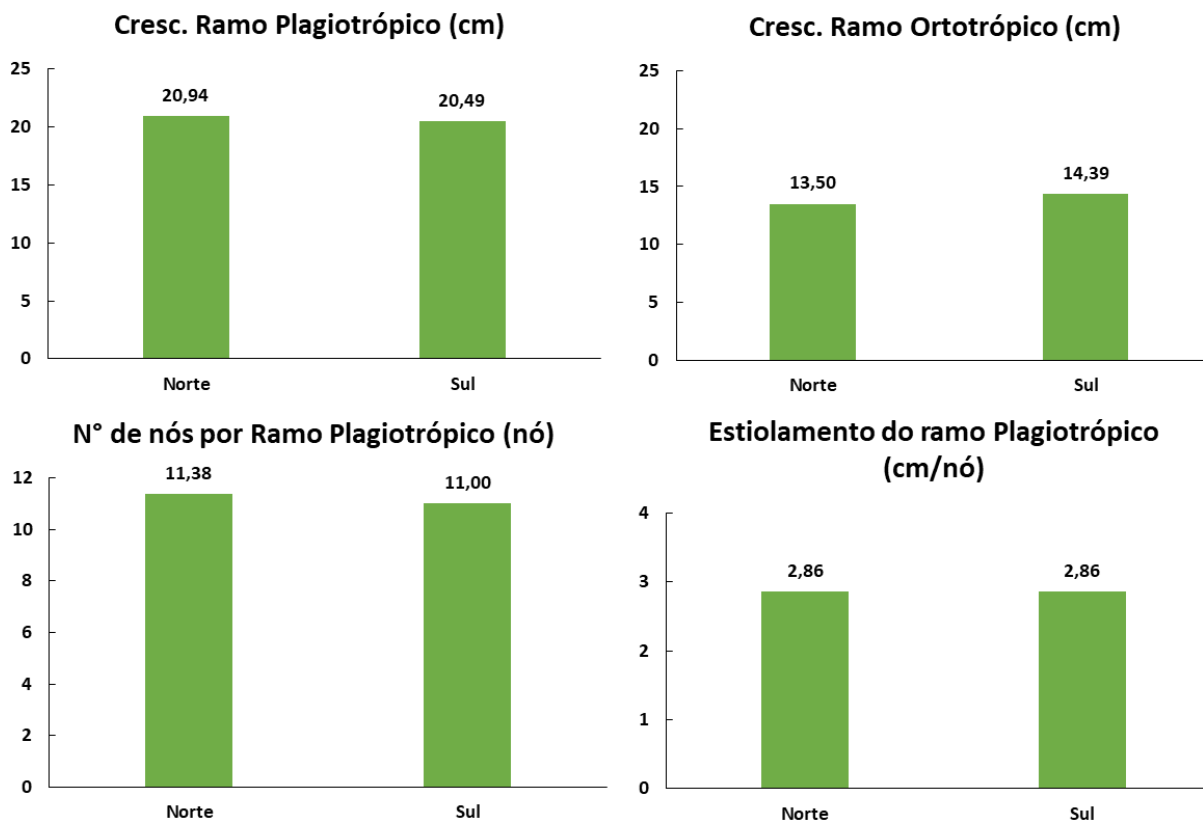


FIGURA 6: Crescimento do Ramo Plagiotrópico (A), Crescimento do Ramos Ortotrópico (B), Número de Nós por ramo Plagiotrópico (C) e Estiolamento do Ramo Plagiotrópico (D) em um cafeeiro conilon cultivada no alinhamento leste-oeste em Boa Esperança, ES. CV (%): A:18,67%, B: 11,98%, C: 9,51% e D: 7,32%.

Dentre os nutrientes analisados, a concentração foliar do B e Zn não teve interação significativa nas quatro datas avaliadas e nos dois lados da planta (Tabela 2). As médias dos nutrientes Ca e Mn não foram diferentes estatisticamente entre os dois lados da planta, porém no lado sul, as médias foram diferentes nas quatro datas avaliadas, com maiores médias de Ca no dia 05/03 e de Mn no dia 20/09.

TABELA 2: Médias das concentrações foliares dos micronutrientes (mg/kg) N, P, K, Ca, Mg e S e macronutrientes (g/kg) B, Cu, Zn, Fe e Mn nas quatro datas avaliadas (parcelas) e nos dois lados da planta (subparcelas) em uma lavoura de café conilon cultivada no alinhamento leste-oeste em Boa Esperança, ES.

DATAS	N		P		K		Ca	
	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul
15/12	31,62Aa	32,27Aa	1,20Aa	1,13Ab	12,03Bc	15,47Aab	13,25Aa	14,6Aab
05/03	30,53Aa	30,31Aa	1,27Ba	1,24Aa	17,19Aa	16,52Aa	15,16Aa	14,84Aa
18/06	33,21Aa	33,07Aa	1,14Ba	1,22Aab	15,31Aab	15,63Aab	13,69Aa	13,86Ab
20/09	34,87Aa	29,66Ba	1,55Ba	1,22Aab	14,37Abc	14,06Ab	14,22Aa	12,57Ab
<b>CV Parcela</b>	6,58%		3,48%		10,07%		8,74%	
<b>CV Subpar.</b>	6,98%		4,05%		7,80%		7,29%	
	Mg		S		B		Cu	
	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul
15/12	3,76Aa	3,81Aa	1,68Ba	2,29Aa	59,00Aa	61,00Aa	21,50Aa	22,25Aa
05/03	3,97Aa	3,34Ba	1,91Aa	2,06Aa	64,50Aa	61,00Aa	20,75Ba	23,00Aa
18/06	3,83Aa	3,50Aa	2,06Ba	2,44Aa	64,50Aa	65,50Aa	21,00Aa	22,00Aa
20/09	3,51Aa	3,86Aa	2,06Aa	2,26Aa	63,00Aa	58,50Aa	23,75Aa	20,00Ba
<b>CV Parcela</b>	9,32%		11,64%		8,65%		6,64%	
<b>CV Subpar.</b>	13,90%		13,75%		7,89%		7,96%	
	Zn		Fe		Mn			
	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul		
15/12	13,00Aa	13,25Aa	91,00Aa	90,75Aa	107,75Aa	105,25Ab		
05/03	12,00Aa	11,00Aa	104,75Aa	91,75Aa	111,75Aa	109,75Aab		
18/06	13,25Aa	12,50Aa	120,75Aa	109,00Aa	106,25 Aa	111,00Aab		
20/09	12,00Aa	10,75Aa	110,00Aa	80,00Ba	113,50 Aa	115,50 Aa		
<b>CV Parcela</b>	7,88%		17,31%		4,48%			
<b>CV Subpar.</b>	10,05%		17,20%		4,21%			

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL, minúsculas na VERTICAL, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No lado norte da planta, o K foi o único nutriente que obteve diferença estatística entre as quatro datas avaliadas, com maior valor no dia 05/03. Já no lado Sul, o P, K, Ca e Mn foram os nutrientes que obtiveram diferentes médias nas quatro datas.

Observa-se que na data 15/12 apenas o K e S foram diferentes estatisticamente nos dois lados da planta, com maiores valores para o lado da planta voltado para o sul. No dia 05/03, o P e Cu foram diferentes entre si e obtiveram valores maiores no lado sul, ao contrário do Mg, onde o maior valor pertence as folhas do lado norte da planta. No dia 18/06, data em que o sol incidi diretamente no lado norte da planta, o P e S, foram diferentes estatisticamente e com maiores

médias no lado sul da planta. Na data 20/09, o N, P, Cu e Fe foram diferentes entre os dois lados, onde a concentração foliar do N, Cu e Fe foi maior no lado norte e do P maior no lado sul.

#### 1.2.4 CONCLUSÕES

1. O lado norte da planta apresentou maiores valores de irradiância, temperatura e déficit de pressão de vapor, chegando a atingir uma diferença de temperatura do ar de 4°C entre os dois lados.
2. A temperatura foliar teve comportamento similar a temperatura do ar, atingindo uma diferença de aproximadamente 11°C entre os dois lados ao meio dia, com maior estresse no lado norte da planta.
3. Não houve diferença significativa entre os dois lados para os fatores avaliados que caracterizam o crescimento da planta.

#### 1.2.5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsa e a Universidade Federal do Espírito Santo. Aos produtores rurais José Paulo Ferrari e Jocemar da Silva Campos que cederam a área experimental.

#### 1.2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, C.B.; TEIXEIRA, M.M.; ZOLNIER, S.; CECON, P.R.; SIQUEIRA, D. L.; RODRIGUES, D. E.; SASAKI, R.S.; RINALDI, P.C.N. Efeito do déficit de pressão de vapor d'água no ar na Pulverização hidropneumática em alvos artificiais. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 182-193, 2014.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: Café**. Brasília: CONAB, v.4, n.4, 2017. 84p. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18\\_01\\_08\\_09\\_06\\_29\\_cafe\\_d ezembro.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_01_08_09_06_29_cafe_d ezembro.pdf)> Acesso em: 22 jan. 2018.

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

CRAPARO, A.C.W.; STEPPE, K.; VAN ASTEN, P.J.A.; LÄDERACH, P.; JASSOGNE, L. T. P.; GRAB, S. W. Application of thermography for monitoring stomatal conductance of *Coffea arabica* under different shading systems. **Science of the Total Environment**, v. 609, p. 755-763, 2017.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.35, p.271-276, 2013.

DAMATTA, F.M.; CHAVES, A.R.M.; PINHEIRO, H.A.; DUCATTI, C.; Loureiro, M.E. Drought tolerance of two field-grown clones of *Coffea canephora*, **Plant Science**, v.164, p. 111-17, 2003.

DAMATTA, F.M., & RAMALHO, J.D.C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, n.1, p.55-81, 2006.

DAMATTA, F.M., CAVATTE, P.C.; MARTINS, S. C. V. Coffee physiology: growth, yield and quality. In OBERTHUR, T., LADERACH, P., JURGEN POHLAN, H. A.; COCK, J. H. (eds). **Specialty Coffee: Managing Quality**, International Plant Nutrition Institute, Norcross, 2012, p. 75–91.

FERREIRA, W.P.M.; RIBEIRO, M.F.; FERNANDES FILHO, E.I.; SOUZA, C.F.; CASTRO, C.C.R. **As características térmicas das faces noruega e soalheira como fatores determinantes do clima para a cafeicultura de montanha**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2012. 38p.

ICO. International Coffee Organization. **Dados históricos**. Disponível em: <<http://www.ico.org/prices/po-production.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2018.

LIMA, P.R.; HORBACH, M. A.; DRANSKI, J.A.L.; ECCO, M.; MALAVASI, M.M.; MALAVASI, U.C. Avaliação morfofisiológica em mudas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos durante a rustificação. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 3, p. 316-326, 2014.

MINGUELA, J.V.; CUNHA, J.P.A.R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa: Aprenda fácil, 2010, 588p.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; SILVA, M.G.; RAMALHO, J.C. Seasonal vegetative growth of different age branches of conilon coffee tree. Semina: **Ciências Agrárias**, v.31, p.619-626, 2010.

PARTELLI, F.L.; MARRÉ, W.B.; FALQUETO, A.R.; VIEIRA, H.D.; CAVATTI, P.C. Seasonal vegetative growth in genotypes of *Coffea canephora*, as related to climatic factors. **Journal of Agricultural Science**, v.5, p.108-116, 2013.

PARTELLI, F.L.; ARAÚJO, A.V.; VIEIRA, H.D.; DIAS, J.R.M.; MENEZES, L.F.T.; RAMALHO, J.C. Microclimate and development of 'Conilon' coffee intercropped with rubber trees. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.11, p.872-881, 2014.

RAETANO, C.G. Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. (Org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2011. 279p.

RAMALHO, J.C.; CAMPOS, P.S.; TEIXEIRA, M.; NUNES, M.A. Nitrogen dependent changes in antioxidant systems and in fatty acid composition of chloroplast membranes from *Coffea arabica* L. plants submitted to high irradiance. **Plant Science**, v. 135, n. 2, p. 115-124, 1998.

RODRIGUES, W.P.; MARTINS, L.D.; PARTELLI, F.L.; LIDON, F.C.; LEITAO, A.E.; RIBEIRO-BARROS, A.I.; DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.C. Interação de altas temperaturas e déficit hídrico no cultivo de café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner). In: PARTELLI, L. F; BONOMO, R. (Org.). **O Clima e o Manejo da Planta**. 1ed. Alegre: UFES, 2016, v. 1, p. 39-56.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p.

TETENS, V.O. Über einige meteorologische Begriffe. **Zeitschrift Geophysic**, v. 6, p. 297-309, 1930.